



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



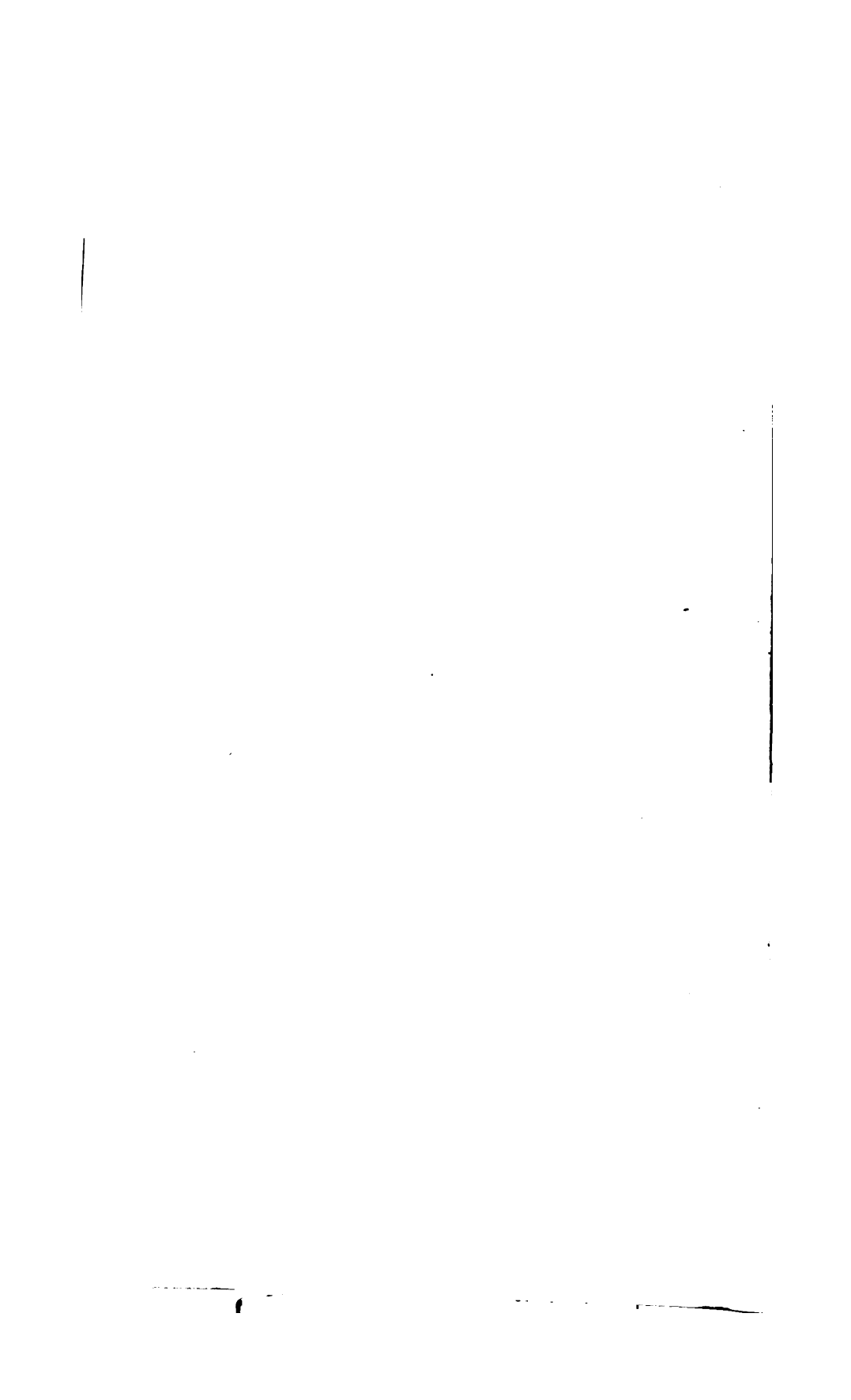
GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.

Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.





3 " 5 0

GUIDE

DU CHAUFFEUR

ET DU

Propriétaire de Machines à Vapeur.

ÉVERAT, IMPRIMEUR,
rue du Cadran, n° 16.

GUIDE DU CHAUFFEUR

ET DU

PROPRIÉTAIRE DE MACHINES A VAPEUR

OU ESSAI SUR L'ÉTABLISSEMENT, LA CONDUITE ET L'ENTRETIEN DES
MACHINES A VAPEUR, ET PRINCIPALEMENT DE CELLES DITES DE WOOLF
A MOYENNE PRESSION; PRÉCÉDÉ DE PRINCIPES PRATIQUES SUR LA
CONSTRUCTION DES FOURNEAUX;

Suivi d'Observations sur l'utilité comparative des principaux Systèmes
de Machines à Vapeur, et de quelques Moteurs.

Philippe *Pierre Sylvestre*
Par M. M. Grouvelle et Jaumet
INGÉNIEURS CIVILS.

ORNÉ DE 10 PLANCHES

Gravées par M. LEBLANC, Professeur au Conservatoire.

A LA LIBRAIRIE

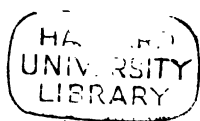
de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures,

MALHER ET COMPAGNIE, ÉDITEURS,

Passage Dauphine.

1830.

Eng 2698.30



94-
54-75
20

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE PREMIÈRE.

FIG. 1^{re}. Chaudière à bouilleurs de fonte avec son fourneau, pour une machine à moyenne pression de huit chevaux, pouvant produire jusqu'à 200 k de vapeur à l'heure avec une consommation de 40 k de houille.

FIG. 1, 2, 3, 7 et 8 (Voy. art. 6, 7, 8, 9, 20, 22, 34).

A B. Les deux segmens de la chaudière, mastiqués ensemble à queue d'hironde et boulonnés.

C. Bouilleurs de fonte dont le col **E** est mastiqué à queue dans la tubulure de la chaudière.

D. Cheminée de 13 1/2 décimètres carrés de section sans rétrécissement et munie d'un registre *g* servant à régler le tirage du fourneau.

E. Col du bouilleur dans lequel passe un boulon *h* de fer destiné à soutenir la tête de ce bouilleur, et à la relier à la chaudière au moyen de deux traverses *f. g.*

F G H J K L M. Carneaux dans lesquels circule la fumée au sortir du foyer pour se rendre dans la cheminée **D**.

A

N. Foyer qui n'a que 0^m,030 de hauteur, destiné à brûler de la houille.

O. Cendrier.

SS. Supports en fonte de la chaudière.

V V. Cintres en briques, réservés devant et derrière le fourneau, pour le démontage des bouilleurs, et le nettoyage des carneaux; ils sont ensuite fermés en maçonnerie.

a. Bourrelet de fonte, réservé à l'un des segmens de la chaudière, dans lequel s'ajuste à queue l'autre segment.

b. Support de fer en croissant, sur lequel repose la queue des bouilleurs, et qui est placé sur le sol du premier carneau L.

c. Seuil en fonte de la porte du fourneau, soutenu par une voûte en briques, afin qu'il ne soit pas exposé à se briser comme cela arrive quand il porte à faux.

d. Autel ou marche en briques, qui sépare la grille du premier carneau, et empêche la houille et les cendres de s'y engager.

e. Traverse en fonte qui soutient la tête des bouilleurs; cette pièce ne doit pas reposer sur la porte.

f. g. h. Traverses de fer unies par un boulon, et servant à relier les bouilleurs à la chaudière quand leur collet n'est pas à queue d'hironde.

ii. Plateaux des bouilleurs.

1. Porte du fourneau.

m. Cloison horizontale en briques, fermant sur toute sa longueur l'intervalle resté entre les deux bouilleurs.

n. Mur en briques élevé sur chacun des bouilleurs et for-

mant sous la chaudière un carneau central M, et deux carneaux latéraux J. K.

- o. Barreaux de la grille, reposant sur des chenets ou sommiers en fonte.
- p. Dez en pierre dans lesquels sont entaillés les pieds des supports de fonte S de la chaudière.
- q. Registre de la cheminée.
- r. Balancier du flotteur reposant sur sa colonne avec son contrepoids.
- ss. Traverses et bouchons du trou d'homme.
- t. Tuyau à vapeur.
- u. Tuyau de décharge de la chemise.
- v. Tuyau d'injection de la pompe alimentaire.
- x. Pierre du flotteur.
- y. Soupapes de sûreté.
- z. Fil de cuivre qui soutient la pierre du flotteur.

Ce fourneau présente quatre carneaux horizontaux, parce qu'il était nécessaire de placer la cheminée sur le devant du fourneau.

Au sortir du foyer N, l'air chaud s'engage dans le carneau L, remonte ensuite derrière la queue des bouilleurs dans le carneau central M (la fig. 7 montre clairement cette disposition); de là, après avoir parcouru la longueur des bouilleurs jusqu'à leur col, il passe par l'ouverture G, dans le carneau latéral de gauche J, et revient par derrière la chaudière en F, dans le carneau latéral de droite K, et passant enfin par-dessus les bouilleurs devant leur col, va se rendre dans la cheminée D, par le carneau vertical H, dont

IV

la prolongation est indiquée (fig. 1^{re}) par des lignes ponctuées.

FIG. 2. Coupe transversale de la chaudière représentée fig. 1^{re}, et de son fourneau passant par le col des bouilleurs et le foyer.

FIG. 3. Élévation de la face du même fourneau avec le cintre V.

FIG. 4 et 5. Assemblage des deux segmens d'une chaudière de fonte avec des boulons traversant leurs collets. *a a.* sans queue d'hironde. (art. 6)

FIG. 6. Coupe d'une chaudière en cuivre à trois bouilleurs et disposition des carneaux (art. 5 et 35).

Il n'y a que trois carneaux horizontaux.

L'air brûlé passe dans le 1^{er} carneau L, de là se rend dans l'un des carneaux latéraux J K, puis par le devant de la chaudière dans le second, et débouche enfin dans la cheminée placée derrière le fourneau.

a a. Indication ponctuée de l'élargissement que prennent les carneaux latéraux pour conserver la même section en passant devant les tubulaires.

m. m. Briques fermant l'espace resté entre les bouilleurs.

n. Mur élevé au-dessus du bouilleur du milieu.

Au moyen de cette disposition plus de la moitié des bouilleurs est directement chauffée par le feu.

FIG. 7. Coupe sur le travers de la chaudière des carneaux

de la fig. 1^{re}, montrant la disposition des trois carneaux horizontaux J K M, et des deux murs *n n* qui les séparent.

FIG. 8. Coupe d'une chaudière semblable, sous laquelle on n'a établi que deux carneaux horizontaux, parce que la cheminée est placée derrière le fourneau (art. 34).

Le mur de séparation *n*, est élevé sur les briques *m*, qui ferment l'intervalle des bouilleurs.

On doit alors donner beaucoup de solidité à cette construction, qui, quand elle vient de s'écrouler, occasionne très-souvent la rupture de la chaudière, parce que la flamme vient alors la frapper directement.

Cette disposition de carneaux est plus simple, et donne un meilleur tirage que celle de la fig. 7; elle est assez semblable à celle de la fig. 6.

PLANCHE DEUXIÈME.

FIG. 1 et 2. Chaudière cylindrique avec son fourneau destiné à brûler du bois, et pouvant produire 150 k de vapeur, en consommant 70 à 75 k de bois (art. 37).

- A. Foyer d'une grande capacité.
- B. Voûte qui couvre le cendrier et porte les barreaux de la grille.
- C. Chaudière.
- D. Cheminée.

a c. Niveau de l'eau, au-dessus duquel ne doivent pas monter les carneaux, pour ne pas s'exposer à brûler la chaudière.

FIG. 3, 4 et 5. Chaudière à fond, concave avec son fourneau pouvant brûler environ 40 k^s de houille, en donnant 200 à 250 k^s de vapeur par heure, ce qui alimenterait une machine à basse pression de 6 ou 8 chevaux (art. 3).

A. Bache en fonte, servant à l'alimentation.

B. Flotteur qui baisse dès que l'eau vient à diminuer dans la chaudière, et qui ouvre en même temps, au moyen du balancier *a*, la soupape conique *b*; celle-ci laisse alors entrer l'eau de la bache dans la chaudière, jusqu'à ce que le niveau, se rétablissant, soulève le flotteur, et ferme par conséquent la soupape *b*.

G. Barreaux de fer carré, posés librement à côté l'un de l'autre; ils portent par leurs bouts sur la voûte *c* du cendrier et sur la retraite *e* faite dans la maçonnerie, et par leur milieu, sur le chenet *k*, destiné à les empêcher de plier quand ils sont trop longs.

J. Carneaux.

K. Élargissement que prend le carneau J, en se relevant sur la porte du fourneau, afin de ne pas augmenter sa hauteur.

O. Cendrier.

P. Porte en double cintre fermée par une plaque en tôle avec poignée.

a. Balancier, v. B.

b. Soupape conique, v. B.

- c.* Voûte du cendrier qui porte les barreaux de la grille.
- d.* Autel qui retient le combustible sur la grille et force la flamme à se relever sous la chaudière.
- e.* Retraite dans la maçonnerie destinée à porter les barreaux de la grille.
- f.* Chapeau en tôle qui garantit la cheminée de la pluie.
- g.* Double voûte qui forme la porte du fourneau.
- h h.* Niveau de l'eau dans la chaudière.
- o o.* Ouvertures réservées dans la maçonnerie du fourneau vis-à-vis les carneaux pour leur nétoyage.
- t t.* Tuyau de sûreté.

FIG. 4. Élévation de la face du même fourneau.

FIG. 5. Coupe transversale du même fourneau.

PLANCHE TROISIÈME.

FIG. 1 et 2. Coupe et élévation des soupapes de sûreté, et de la boîte à étoupes. (Voy. art. 52 et 53.)

- a.* Lévier qui presse les soupapes de sûreté, guidé par les jumelles *ii* et le prisonnier *k*.
- b.* Goupille qui sert de point de rotation à ce levier, c'est son point fixe, pris sur le prisonnier *k*.
- c.* Point de suspension du poids *P*.
- d.* Point où s'exerce la tension de la vapeur pour soulever le levier *a* chargé du poids *P*.

VIII

e. Support des soupapes qui porte en même temps la colonne du flotteur.

f. Soupapes à siège plat.

g. Siège des soupapes mastiqué et boulonné sur le support.

h. Boîte à étoupes du flotteur et son chapeau.

ii. Jumelles qui fixent et maintiennent le levier *a* des soupapes, et en même temps retiennent par leurs écrous // le support *e* au siège *gg* des soupapes.

k. Prisonnier du levier des soupapes.

ll. Écrous du prisonnier et des jumelles.

P. Poids dont on charge les soupapes : la distance du poids *P* au point *b* et *a* sert à régler cette charge.

FIG. 3. Reniflard, ou soupape de sûreté agissant du dehors au dedans et destinée à laisser rentrer l'air quand le vide se produit dans les chaudières. (Voy. art. 62.)

FIG. 4. Manomètre des machines à basse pression. (Voy. art. 56.)

a b. Tube de fer, dans lequel on met du mercure et qui est boulonné à la chaudière *c.*

c. Chaudière.

d. Curseur en bois ou en fer qui indique dans le tube de verre *e* le niveau du mercure.

e. Boule de cire rouge, servant d'indicateur pour les mouvements du curseur.

P. Planchette sur laquelle est tracée l'échelle du manomètre.

e. Tube de verre.

FIG. 5. Manomètre à moyenne et à haute pression. (Voy. art. 57 et 58.)

a. Boîte en fonte qui reçoit le mercure.

b. Conduit par lequel la vapeur vient agir sur le mercure.

c. Tuyau qui établit la communication entre la chaudière et la boîte, au moyen du conduit b.

d. Plateau de la boîte.

e. Tube de verre, mastiqué dans le plateau d, dans lequel la pression de la vapeur comprime l'air, et en indique la compression, par la hauteur à laquelle le mercure s'élève.

P. Planchette de graduation.

r. Robinet destiné à fermer le tuyau c, dans le cas où le tube de verre e viendrait à se briser.

FIG. 6. Manomètre du même genre à siphon et en verre, mastiqué sur le tuyau de cuivre a.

FIG. 7. Manomètre à moyenne pression de la société de Mulhousen, mesurant la tension de la vapeur, par la hauteur de la colonne de mercure soulevée. (V. art. 61.)

a. Tubulure de la boîte du manomètre, qui s'ajuste et se boulonne sur celle de la chaudière.

b. Boîte en fonte pleine de mercure.

c. Plateau de cette boîte, fixé par des vis.

dd. Oreilles au moyen desquelles la boîte b est attachée à l'un des murs de la chambre de la machine.

c. Poulies de renvoi du contre-poids *p*.

f. Flotteur en fer qui suit le niveau du mercure et fait marcher le contre-poids *p* le long de l'échelle graduée *gg*, où il indique la hauteur du mercure dans le tube, et par conséquent la tension de la vapeur.

gg. Planchette graduée, sur laquelle court le contre-poids *p*.

p. Contre-poids du flotteur *f*.

tt. Tubes de fer vissés les uns dans les autres, et recevant la colonne de mercure à mesure que la pression de la vapeur le refoule hors de la boîte *b*.

u. Entonnoir qui retient le mercure quand la pression de la vapeur devenant trop forte, soulève la colonne entière, et s'échappe par le tube *tt*.

FIG. 8. Indicateur du niveau dans les chaudières. (Voy. art. 67.)

a. Tube de verre mastiqué dans les deux tubes de cuivre *bb*, et indiquant le niveau de l'eau dans la chaudière *cc*.

FIG. 9. Tracé des pressions exercées sur les soupapes de sûreté à siège plat. (Voy. art. 53 et note 12.)

FIG. 10. Echelle de graduation des manomètres à air comprimé. (Voy. art. 58.)

ab, ef, gh, k. Lignes parallèles, coupées en parties proportionnelles, par toutes les divisions qui courent de *c*. en *a. l. r. q. d. p. m. n. s. t. u. v.* Ces lignes sont les échelles des manomètres de diverses longueur. Ainsi *ab* est la graduation du manomètre dans la colonne

d'air, etc. Voy., note 18, la manière de construire cette échelle.

La ligne *gh* donne en nombres les réductions qu'éprouve successivement une colonne d'air égale à *gh*, quand elle est soumise à des pressions croissantes. La ligne *ab* les donne en atmosphères, la ligne *ef* en kilogrammes, et la ligne *ik* en livres. Ainsi quand la pression s'est élevée à $1\frac{1}{4}$ d'atmosphère comme l'indique la ligne *cl*, la longueur de la colonne *gh*, que nous supposons primitivement de 100 parties, est réduite à 80.

Quand la pression s'est élevée à 1 atmosphère ou 15 livres suivant la ligne proportionnelle *cd*, la colonne d'air est réduite à 50 parties, etc.

PLANCHE QUATRIÈME.

FIG. 1^{re}. Tracé de la course du balancier de la bielle et de la manivelle (montage des machines). (Voy. art. 327 et 331.)

ge. Demi-longueur du balancier.

eh. Arc de cercle qu'il décrit dans sa $1\frac{1}{2}$ course inférieure.

ef. Flèche de l'arc de cercle que décrit le balancier.

d. Milieu de cette flèche; c'est le point à l'aplomb duquel doit se trouver l'axe *a* de la manivelle *ab*.

db. Position et longueur de la bielle quand le balancier est au milieu de sa course.

XII

On voit que, en vertu de l'obliquité de la bielle, au moment où le balancier est horizontal, le prisonnier *b* de manivelle se trouve au-dessus du niveau de l'axe de rotation *a*; d'où il résulte que la $1/2$ course inférieure *kbb* de la manivelle est plus longue que sa $1/2$ course supérieure *lmn*.

kh. Position de la bielle quand la machine est sur son centre.

On remarquera encore ici que la légère obliquité de la bielle dans cette position fait descendre le balancier un peu plus bas que la longueur exacte *fh* de sa $1/2$ course verticale, mesurée par la longueur de la manivelle, et l'empêche de monter aussi haut dans sa $1/2$ course supérieure, mais cette erreur est à peine sensible.

FIG. 2. Manivelle et queue de la bielle (Voy. art. 139, 140).

aa, Grains de la manivelle.

b. Prisonnier de la manivelle fixé par sa clavette.

c. Clavette de la manivelle.

d. Contre-clavette de la manivelle.

e et *f*. Clefs et goupille de la manivelle, qui la fixent sur son arbre.

FIG. 3. Ajustement de la tête du balancier et de la bielle (Voy. art. 119, 137, 138.)

a. Boule du balancier dont les tourillons portent la tête de la bielle.

b. b. Clavettes et contre-clavettes des grains de la tête de la bielle.

- d.* Goupille du chapeau du balancier *g.*
- ee.* Clavettes et contre-clavettes de la frette de la bielle.
- ff.* Double frette de la tête de la bielle, qui sert à la relier au balancier.
- g.* Chapeau du balancier qui serre et maintient la boule au moyen de la goupille *d.*

FIG. 4. Coupe des cylindres de la grande plaque et des massifs sur lesquels ils se reposent. (Voy. art. 84 à 98.)

- a.* Tuyau d'apport de la vapeur, boulonné sur la tubulure de la chemise.
- bbb.* Chemise des cylindres.
- c.* Robinet de décharge de la chemise, remplaçant le tuyau de décharge.
- dd.* Vis de pression des cylindres destinées à les maintenir verticaux.
- ee.* Masticages de la chemise et des cylindres.
- f.* Fond des cylindres mastiqué à queue d'hironde.
- gg.* Position des trous à vapeur dans les cylindres.
- h.* Trou réservé pour recevoir le pied de la colonne du parallélogramme.
- ii.* Grande plaque fixée sur les massifs par des grands boulons, et sur laquelle sont aussi boulonnés les cylindres.

FIG. 5. Plan des cylindres et de la grande plaque, indiquant la position des colonnes de l'entablement, de la pompe du puits, de la pompe alimentaire, du grand axe de la machine et des axes de rotation du balancier, et de la manivelle. (Voy. art. 131, 328 et 336.)

XIV

- ab.* Grand axe de la machine.
- ai.* Axe de rotation de la manivelle.
- lm.* Axe de rotation du balancier.
- ce.* Axe de la colonne du parallélogramme, ou axe de rotation des bras de rappel ou point fixe du parallélogramme.
- dd.* Vis de pression des cylindres.
- f.* Centre du grand cylindre.
- n.* Centre du petit cylindre.
- gh.* Colonnes de l'entablement, liées à la grande plaque par des boulons à clavette.
- oo.* Grande plaque.
- ppp.* Trous où s'engagent les grands boulons qui fixent la plaque aux massifs.
- qq.* Trous destinés à boulonner sur la grande plaque la balustre qui porte l'indicateur, et la manivelle du robinet du condenseur.
- rrrr.* Taquets en fonte qui servent à caller invariablement la chemise sur la grande plaque.
- s.* Axe et centre de la pompe alimentaire.
- t.* Axe et centre de la pompe du puits.
- uu.* Trous à vapeur des cylindres.
- vv.* Chemise.

FIG. 6. Tracé du parallélogramme et de son réglément.
(Voy. art. 120.... 136.)

- a.* Axe de la colonne du balancier.
- ar.* Colonne du parallélogramme.

- b.* Axe de l'ellipse du condenseur.
 - ab.* Bras de rappel du parallélogramme.
 - abd.* Arc de cercle que décrit le bras de rappel.
 - c.* Axe de la tête du grand piston.
 - em.* Tige du grand piston.
- Cette tige se trouve à l'aplomb du point *s*, qui est le milieu de la flèche de l'arc de cercle que décrit le balancier.
- f.* Axe de l'ellipse du petit piston.
 - g.* Axe de rotation du balancier.
 - gn.* Demi-longueur du balancier depuis son axe de rotation jusqu'au centre de sa boule.
 - h.* Axe de la tête du petit piston.
 - hi.* Tige du petit piston.
 - k.* Chapeau de la boîte à étoupes du grand cylindre, avec ses boulons *tt*, dont les oreilles s'engagent sur des goujons *uu*.
 - l.* Rondelle en cuivre de cette boîte à étoupes.
 - n.* Axe de la boule du balancier. C'est l'axe de rotation des bras du grand piston.
 - ne.* Bras du grand piston.
 - o.* Tourillon des bras du petit piston.
 - ohf.* Bras du petit piston.
 - p.* Tourillons des bras du condenseur.
 - pqb.* Bras du condenseur.
 - q.* Axe de l'arbre du condenseur. On voit que les centres des arbres du condenseur, du petit piston et du grand piston, sont placés sur une même ligne droite *eg*, qui

va du centre du dernier à l'axe de rotation du balancier.

r. Pied de la colonne du parallélogramme fixé sur l'oreille de la chemise.

s. Milieu de la flèche de l'arc de centre du balancier.

tt. Boulons de la boîte à étoupes du grand cylindre.

u. Goujons de cette boîte.

vv. Plateau du grand cylindre.

x. Trou à vapeur qui conduit sur le grand piston, la vapeur qui a travaillé sous le petit piston.

y. Trou à vapeur qui conduit sous le grand piston la vapeur qui a travaillé sur le petit.

az. Bras de la colonne qui la rend invariable en la reliant à l'entablement.

FIG. 7 et 8: Plan, coupe et élévation de l'entablement.
(Voy. art. 117, 118.)

ab. Position des colonnes de l'entablement, lorsqu'on en emploie quatre pour le soutenir, comme dans les fortes machines.

c. Croix en fonte ajoutée aux extrémités de l'entablement et prise invariablement dans les murs de la chambre, pour s'opposer au mouvement de torsion que lui fait éprouver le balancier, à chaque course des pistons.

de. Pierres de taille, entre lesquelles doit être serrée et scellée la croix c de l'entablement.

ff. Colonne de l'entablement dans les petites machines.

g. Boulon à clayette de la tête de la colonne.

h. Clayette qui serre la colonne avec l'entablement.

- ii. Trous destinés à recevoir les bras de la colonne du parallélogramme.
- kl. Grand axe de la machine.

PLANCHE CINQUIÈME.

FIG. 1^{re}. Coupe et élévation des pistons à segmens de cuivre, d'une machine de huit chevaux à deux cylindres. (Voy. art. 106 à 114.)

- a. Clavette de la tête du grand piston.
- b. Tige du grand piston.
- c. Arbre du grand piston qui relie la tête de ce piston au parallélogramme.
- d. Clavette du plateau du grand piston.
- e. Tête du grand piston.
- f. Plateau du grand piston serré sur les segmens *h*, par quatre vis *gg*.
- hh. Double rangée de segmens de cuivre, pressés par des boudins d'acier fondu *iii*, et destinés à empêcher la vapeur de passer autour du piston.
- ii. Boudins d'acier fondu, portés sur des goujons et vissés dans le corps du piston.

FIG. 5. Petit piston.

- a. Ecou qui serre le piston sur sa tige et l'embase *ll*.
- b. Embase du petit piston.

xviii

f. Plateau du petit piston.

hh. Segmens de cuivre.

FIG. 6. Appareil d'alimentation continue. (Voy. art. 60 83.)

a. Petit piston cylindrique percé d'un trou, glissant dans le cylindre *e*, et fixé au balancier *b* du flotteur, qui ouvre ou ferme par sa marche le tuyau d'aspiration *c* de la pompe alimentaire.

b. Balancier du flotteur.

c. Tuyau d'aspiration conduisant l'eau du condenseur dans le corps de la pompe alimentaire.

d. Tige du flotteur.

e. Cylindre en cuivre boulonné sur la chaudière, et que traverse le tuyau d'aspiration.

f. Point où devrait toujours être suspendu le piston *a*, afin qu'il n'arrête pas les mouvemens du flotteur, mais qu'il sorte au contraire de son cylindre, quand la pompe alimentaire cessant de fonctionner, le niveau de l'eau dans la chaudière continue à baisser.

gh. Limites supérieures et inférieures, dans lesquelles doit rester la course du flotteur.

FIG. 2. Pompe alimentaire. (Voy. art. 68 à 83.)

a. Robinet d'aspiration qui sert à régler la marche de la pompe alimentaire, et par conséquent l'alimentation de la chaudière.

c. Tuyau d'aspiration amenant l'eau du condenseur, dans le corps de la pompe alimentaire.

d. Soupape d'injection.

- e.* Soupape d'aspiration.
 - f.* Robinet d'injection, servant à fermer le passage à l'eau et à la vapeur de la chaudière quand il est nécessaire de nettoyer les soupapes, au milieu du travail de la machine.
 - g.* Tringle de la pompe alimentaire.
 - h.* Chapeau qui ferme la chapelle *u*.
 - l.* Piston de la pompe alimentaire.
 - m.* Boîte à étoupes de la pompe alimentaire.
 - n.* Rondelle de cuivre placée au fond de la boîte à étoupes.
 - o.* Vis de pression et son étrier, servant à maintenir le plateau *h* de la chapelle.
 - t.* Corps de pompe.
 - u.* Chapelle de la pompe alimentaire.
 - x.* Clavette du piston de la pompe alimentaire.
 - z.* Chapeau de la boîte à étoupes.
- FIG. 3. Modérateur à force centrifuge.** (Voy. art. 217 , 222.)
- aa.* Arbre du modérateur.
 - bb.* Grands bras du modérateur.
 - cc.* Boulets fixés sur les bras par des écrous rivés.
 - dd.* Petits bras du modérateur, qui conduisent la douille *e*.
 - e.* Douille en cuivre, glissant sur l'arbre *a* et conduisant le balancier *f*.
 - f.* Balancier, qui transmet au robinet d'introduction de la vapeur les mouvemens de la douille *e*, au moyen de

xx

la bielle *g*, et de son prisonnier *h*, qui s'engage dans le levier du robinet.

g. f. Voyez *f*.

FIG. 4. Condenseur d'une machine de huit chevaux à deux cylindres. (Voy. art. 183, 197.)

- a.* Tuyau d'aspiration, qui se prolonge jusque dans le puits.
- b.* Piston du condenseur garni de sa corde et de son clapet d'aspiration, fixé sur sa tige, par un écrou.
- c.* Tuyau d'aspiration de la pompe alimentaire, qui vient puiser l'eau dans la cuvette du condenseur.
- d.* Pompe d'arrosoir placée à l'extrémité du robinet d'injection *t*, pour le garantir de l'introduction des ordures, qui le pourraient engorger.
- e.* Bache dans lequel plonge le condenseur, et où il puise l'eau fournie par la pompe de puits.
- f.* Boîte à étoupes.
- ii. gg.* Corps de pompe du condenseur, et ses rebords inférieurs: il est mastiqué en *l* dans la chemise *mm*.
- hh.* Fond de la chemise du condenseur. Ce fond *y* est quelquefois mastiqué à queue.
- k.* Cuvette du condenseur, qui reçoit l'eau de condensation, et la laisse couler au-dehors par le tuyau de décharge *u*.
- ll.* Masticage du corps de pompe avec la chemise.
- m.* Chemise du condenseur.
- n.* Trépied destiné à soutenir le piston du condenseur, s'il venait à tomber au fond du corps de pompe.
- o.* Tuyau à vapeur du condenseur, établissant la communication avec la boîte du grand cylindre.

- p.* Clapet de refoulement du condenseur, glissant sur le collet *q* du plateau *ss*.
- q.* Collet sur lequel glisse ce clapet.
- rr.* Vis qui fixent le plateau du condenseur au corps de pompe.
- s.* Plateau du condenseur.
- t.* Robinet d'injection mis en mouvement par des leviers articulés, et une manivelle, qui est portée sur un balustre avec une platine en cuivre graduée, pour régler l'injection de l'eau.
- u.* Tuyau de décharge du condenseur.
- v.* Tige du piston du condenseur, fixée à la tringle *x*, par une clavette, et au piston *b* par un écrou.
- x.* Tringle du condenseur, qui lie son piston au parallélogramme.
- y.* Clavette de la tige du condenseur.
- z.* Clapet d'aspiration du condenseur, et de la pompe à air.

FIG. 7. Grains en cuivre rechargés. (Voy. art. 240, 243.)

- a.* Epaisseur soudée sous un grain.
- b.* Epaisseur entaillée à queue, et soudée dans l'intérieur d'un grain usé.

FIG. 8. Planchette avec fil à plomb, pour dresser les cylindres. (Voy. art. 94.)

Cette planchette doit avoir exactement la largeur des cylindres, où elle entre à frottement.

FIG. 9. Coupe du socle qui porte les colonnes des boîtes à vapeur, et sert en même temps de communication entre la boîte du grand cylindre et le tuyau à vapeur du condenseur. (Voy. art. 157.)

b. Socle.

c. Tuyau à vapeur du condenseur.

u. Colonne de la grande boîte, mastiquée solidement dans le socle *b.*

FIG. 10. Niveau pour poser d'aplomb l'axe de rotation du balancier.

ab. Pieds parfaitement égaux que l'on pose sur les deux tourillons de l'arbre du balancier.

FIG. 11. Raccourcissement d'une chaudière ou d'un bouilleur fendu. (Voy. art. 49.)

ab. Fente qui s'est faite dans la fonte.

ccc. Plaque de tôle ajustée en dedans de la chaudière ou du tube mastiqué.

dddd. Vis en cuivre, vissées à travers la fonte dans la plaque de tôle, et servant à la serrer fortement contre la fente. Ces vis se recoupent l'une l'autre, pour fermer tout passage à l'eau.

efef. Entretoises en fer, tenues à chaque extrémité par une vis pareille aux vis *dd*, et servant à empêcher l'écartement des deux lèvres de la fente.

PLANCHE SIXIÈME.

Réglement des soupapes de Hall.

FIG. 1^{re}. Tracé des deux roues d'angle qui commandent l'excentrique, montrant comment on met un des deux engrenages en avant de l'autre. (Voy. art. 167, 170.)

h'. Engrenage callé sur l'arbre de la manivelle.

p'. Engrenage qui a le même nombre de dents que le précédent, et qui est callé sur l'arbre de l'excentrique.

r'. Dent qui engrène avec la dent correspondante *q'*, au moment où la manivelle est horizontale en montant (*g*, fig. 5) et où l'excentrique est au bas de sa course, la pointe en haut (*u'* fig. 2).

s'. Dents avec l'une desquelles doit engrèner la dent *r'*, la manivelle restant toujours dans la même position, pour que l'engrenage *p'*, et par conséquent l'excentrique *u'*, soit en avance de deux ou trois dents sur l'engrenage *h'*.

FIG. 2 et 4. Excentrique avec son chariot, et son arbre dans la position qu'il occupe, quand les pistons sont au milieu de leur course, et la manivelle horizontale en montant. (Voy. art. 161, 167, 170.)

h. Arbre du chariot de l'excentrique.

m'. *n'*. Axe de rotation de l'excentrique.

o'. Chariot de l'excentrique armé de ses deux platines *o''* *z''* fixées par leurs vis.

u'. Excentrique au bas de sa course.

XXIV

e. Arbre de l'excentrique.

Les lignes ponctuées, indiquent la position de l'excentrique et de son chariot, au haut de leur course, quand la machine est sur son autre centre, et la manivelle horizontale en descendant (*a'* fig. 5).

FIG. 5. Elévation des cylindres, des soupapes, de l'excentrique, et de la manivelle, dans la position indiquée plus haut, pour en opérer le réglément.

FIG. 7. Coupe de la petite boîte, passant par l'axe du petit cylindre.

FIG. 8. Coupe de la grande boîte, passant par l'axe du grand cylindre.

FIG. 9. Coupe transversale passant par l'axe des deux boîtes.

FIG. 10. Coupe du support des porte-boudins, montrant le contre écrou vissé sur la tige de la soupape supérieure.

FIG. 5, 7, 8, 9, 10. (Voy. art. 167, 171.)

ab. Axe vertical de la petite boîte. C'est la direction du fil à plomb, que l'on doit faire passer par le centre de cette boîte, pour la poser verticalement.

cd. Axe vertical de la grande boîte.

ef. Paliers des tiges ou tringles des soupapes.

gg. Tringles des soupapes, portées sur le chariot de l'excentrique.

hh. Arbre de ce chariot.

- k.* Robinet régulateur.
- i.* Traverse du chariot.
- l.* Grande manivelle des soupapes.
- m.* Petite manivelle des soupapes.
- n. n.* Tuyaux à vapeur des boîtes.
- o.* Lèvres réservées autour des trous à vapeur pour joindre plus exactement les boîtes avec les cylindres, et laisser un espace suffisant pour le masticage.
- pq.* Trous à vapeur de la petite boîte.
- r.* Anneau de tôle placé dans le trou d'apport de la vapeur, pour empêcher le mastic de le fermer.
- s.* Trou d'apport de la vapeur, établissant la communication entre la chemise et la petite boîte.
- tt.* Espace réservé entre les boîtes et les cylindres pour le masticage.
- u.* Tuyau à vapeur du condenseur.
- v.* Arbre de l'excentrique.
- x.* Tiroir cylindrique de la petite boîte.
- y.* Tige de la soupape inférieure.
- z.* Porte-boudins des soupapes et leurs boudins, en fil d'acier fondu.
- a'.* Soupape supérieure.
- b'.* Soupape inférieure.
- c'.* Contre-écrou qui fixe invariablement la tige de la soupape supérieure, dans le support des porte-boudins, et l'empêche de se dévisser.
- d'.* Tige de la soupape supérieure.
- e'.* Traverse des porte-boudins qui court dans la douille de la grande manivelle des soupapes.

XXVI

- f*. Massif des colonnes.
- g*'. Manivelle.
- i*', Massif de la manivelle.
- l*. Arbre du volant.
- m*'. Grande taque des cilindres.
- n*'. Support du chariot de l'excentrique.
- o*'. Chariot de l'excentrique.
- q*'. Manivelle du robinet régulateur.
- r*'. Grande boîte à vapeur.
- s*'. Petite boîte à vapeur.
- t*. Palier de l'excentrique.
- u*'. Chapeau des porte-boudins.
- v*'. Douille de la grande manivelle des soupapes.
- y*'. Bocal du tiroir cylindrique.
- k*'. Anneau supérieur du tiroir.
- z*'. Anneau inférieur.
- a*'. Massif des cilindres.
- b*". Position de la manivelle quand elle est horizontale en descendant.
- c*'. Chemise des cilindres, dans laquelle circule la vapeur avant de passer dans les boîtes.

FIG. 6: Coupé sur une plus grande échelle de la petite boîte.

- a*. Douille du tiroir entrée par le haut de la boîte.
- b*. Siège inférieur du tiroir. Il est représenté hors de la boîte en *c*.

FIG. 3. Robinet régulateur. (Voy. art. 151, 153.)

a. Manivelle percée d'un trou *c*, destiné à recevoir le prisonnier de la bielle du modérateur : elle est ajustée sur le carré *b* du robinet, et maintenue par l'écrou.

b. Voyez *a*.

c. Voy. *a*.

d. Tête carrée du robinet.

f. Ecrou qui serre le robinet dans sa boîte *h*, au moyen du ressort à boudin *g*, qu'il renferme.

h. Voyez *f*.

g. Voy. *f*.

PLANCHE SEPTIÈME.

Régulateur des machines d'Edward.

FIG. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. régulateurs à tiroirs, tels qu'on les construit aujourd'hui à Chaillot pour les machines de vingt chevaux et au-dessous. (Voy. art. 177 à 180.)

FIG. 1^{re}. Elévation des cylindres et de l'appareil entier du régulateur, quand la machine est sur l'un de ses centres.

FIG. 2. Elévation latérale du régulateur et de son mouvement d'équerre dans la même position.

FIG. 3. Coupe de la boîte du grand cylindre et de son tiroir quand la machine est sur l'un de ses centres.

XXVIII

FIG. 4. Élévation de face de la boîte, quand la coquille *i* est enlevée, et coupe du tiroir aux deux extrémités de sa course.

FIG. 5. Élévation de face de la boîte du petit cylindre, quand la coquille *i* est enlevée.

FIG. 6. Coupe de la même boîte, de sa coquille et de son tiroir, quand la machine est sur l'un de ses centres.

FIG. 7. Excentrique dans la position où il se trouve au milieu de sa course, son axe de rotation en bas, quand la machine est sur l'un de ses centres.

- a. Tiroir en cuivre dont la tige est liée à la manivelle des soupapes par deux écrous *k l* et qui établit alternativement la communication dans la grande boîte, entre le trou à vapeur *d* qui mène au condenseur, et les trous *c, e* qui conduisent dessus et dessous le grand piston; et dans la petite boîte, entre le trou *g*, qui conduit la vapeur dans la grande boîte et le dessus et le dessous du petit piston, par les conduits *f, h*.
- b. Surface de fonte de la boîte à vapeur sur laquelle glisse les tiroirs *a*.
- c. Trou qui conduit la vapeur sur le grand piston.
- d. Trou et tuyau qui conduisent la vapeur au condenseur.
- e. Trou qui conduit la vapeur sous le grand piston.
- f. Trou qui conduit la vapeur sur le petit piston.
- g. Conduit qui établit la communication entre la petite et la grande boîte.

- h.* Trou qui conduit la vapeur dessous le petit piston.
- ii.* Coquilles qui couvrent les tiroirs *aa*.
- k. l.* Ecrans qui servent à fixer les tiges des tiroirs *aa* sur la manivelle des tiroirs, et à régler celle-ci.
- m.* Excentrique.
- n.* Arbre du volant.
- o.* Chariot de l'excentrique.
- p. q'.* Bras du mouvement d'équerre.
- r.* Tirant de l'excentrique qui communique le mouvement à l'équerre *p. q*
- s.* Tringles de l'excentrique.
- tt.* Colonnes dans lesquelles les tringles *ss* montent et descendent.
- u.* Manivelle des tiroirs.
- v.* Chemise des cylindres.
- x.* Tuyau qui amène la vapeur de la chemise *v*, dans la petite boîte à travers le robinet régulateur.
- y.* Robinet régulateur.
- z.* Tuyau qui établit la communication entre les deux boîtes.
- d.* Position des tiroirs au haut de leur course, quand les pistons sont au milieu de leur course, en montant, et la manivelle horizontale en descendant.
- h.* Position des tiroirs au bas de leur course, quand les pistons sont au milieu de leur course en descendant, et la manivelle horizontale en montant.
- c.* Contre-poids du mouvement d'équerre.

XXX

FIG. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. Régulateur à robinets tournans et à soupapes coniques, comme on les construisait il y a quelques années.

FIG. 8. Tracé des positions relatives, des principales pièces de la machine quand elle est sur ses deux centres.

FIG. 9. Coupe de la boîte à vapeur suivant AB.

FIG. Coupe suivant CD.

FIG. 11. Elévation de la boîte à vapeur, et de l'appareil du régulateur.

FIG. 12. Coupe de la boîte à vapeur suivant GH.

FIG. 13. Coupe suivant EF.

FIG. 14. Excentrique au bas de sa course, la pointe ou le centre de rotation en haut; la manivelle horizontale en remontant en dedans.

FIG. 15. Excentrique au haut de sa course la pointe en bas, et la manivelle horizontale en descendant.

a. Soupape conique supérieure.

b. Soupape inférieure.

c. Bague de la manivelle *d* des soupapes.

d. Grande manivelle des soupapes, et sa vis de pression.

e. Traverse du porte-boudins.

f. Petite manivelle des soupapes.

- g.* Robinet distributeur.
- h.* Robinet d'introduction de la vapeur, ou robinet régulateur.
- i.* Petit trou du robinet *g*, conduisant la vapeur de la boîte, dans le petit cylindre.
- k.* Trou et conduit à vapeur, communiquant avec le haut du petit cylindre.
- l.* Grand trou du robinet distributeur, conduisant la vapeur entre les soupapes du grand cylindre.
- m.* Trou et conduit qui communique avec le bas du petit cylindre.
- n.* Trou et conduit communiquant avec le haut du grand cylindre.
- o.* Trou et conduit communiquant avec le bas du grand cylindre.
- p.* Boudins d'acier fondu qui ferment et ouvrent les soupapes coniques *ab*.
- q.* Crémaillère qui fait tourner à droite et à gauche le robinet distributeur. Elle est ici au haut de sa course.
- r.* Tuyau à vapeur du condenseur.
- s.* Etrier du robinet régulateur, servant à le tenir serré, au moyen d'un écrou *u*, et d'un contre-écrou *z*.
- t.* Contre-écrou qui empêche l'écrou de se desserrer.
- u.* Ecrou qui serre le robinet régulateur.
- v.* Bielle du modérateur.

PLANCHE HUITIÈME.

FIG. 1, 2, 3, 4, 5. Régulateurs des machines à basse pression, de Watt. (v. art. 182.)

a. Manivelle et bielle.

bc. Double tiroir qui ouvre et ferme les conduits à vapeur *m* et *o*.

d. Excentrique fixé sur l'arbre du volant.

e. Chariot de l'excentrique.

f. Tirant de l'excentrique.

g. h. Bras de l'équerre de l'excentrique qui commande le tiroir.

ik. Ecrous qui servent à régler la longueur du tirant *f*.

l. Tuyau d'apport de la vapeur.

m. Trou à vapeur, communiquant avec le haut du cylindre.

n. Tuyau du condenseur.

o. Trou à vapeur, communiquant au bas du cylindre.

p. Bielle du tiroir.

q. Tringle du tiroir.

FIG. 6, 7, 8, 9, 10. Coupe et détails de la pompe de puits. (v. art. 198 à 216.)

a. Piston en fonte, dont le fond *o* est mastiqué comme le fonds des cylindres des machines à vapeur.

b. Soupape de refoulement.

c. Soupapes d'aspiration, toutes deux sont garnies de cuir.

- d.* Tuyau d'aspiration.
- ee.* Vis taraudées au travers de la fonte et servant à empêcher les soupapes de tourner.
- f.* Tuyau de refoulement.
- gg.* Cuirs emboutis qui s'opposent, l'un à la sortie de l'eau du corps de pompe, l'autre à l'entrée de l'air.
- h.* Clavette du piston.
- ii.* Plateaux de pression du corps de pompe que l'on remplit d'eau, pour empêcher l'air de pénétrer dans le corps de pompe.
- k.* Pomme d'arrosoir percée de quelques trous et destinée à empêcher l'eau de jaillir par le haut du tuyau de refoulement.
- ll.* Oreilles des soupapes, qui les empêchent de retomber de côté.
- m.* Chapelle des soupapes.
- n.* Chapeau des soupapes.
- o.* Fond mastiqué du piston.

FIG. 11. Frein dynamométrique de Prony, qui sert à mesurer l'effet utile des moteurs.

- a.* Arbre du moteur, comme d'une roue à eau par exemple.
- b.* Levier en bois de chêne ou de sapin de 7 à 8 pouces carrés, fixé à l'arbre *a* par un collier en fer *c*, boulonné sur le levier en *dd*.
- c.* Voyez *b*.
- d.* Ecrus destinés à serrer le collier *c*, sur le levier *b*.
- e.* Voyez plus bas.

f. Poids placés à l'extrémité du levier pour mesurer l'effet de la roue.

g. Chevalet destiné à empêcher le levier de retomber quand on desserre trop les écrous *dd*.

h. Cordelle qui empêche le levier de s'enlever, quand on vient à serrer trop fortement les écrous *dd*.

i. Voyez ci-dessous.

On règle le serrage des écrous *dd*, de manière que la roue tournant à sa vitesse de régime, le levier et le poids *f* soient en équilibre. — Dans cette position, l'effet de la roue à eau ou de la machine à vapeur est directement mesuré par le poids total agissant *ef*, *ai* multiplié par la circonférence du rayon *ei*.

PLANCHE NEUVIEME.

FIG. 1^{re}. Ajustement de tuyaux employés pour la conduite de la vapeur.

cd. Brides simples en fer, serrées par des boulons.

a. Tuyau qui pénètre en *g* jusque dans le tuyau *b*. Le masticage est ainsi plus facile, et l'on n'est pas exposé à voir le mastic boucher les tuyaux.

b. Tuyau qui reçoit le tuyau *a*.

e. Ajustement à vis recouverte: Ce procédé, un peu plus cher que le précédent, est plus facile à démonter et plus solide.

g. Voyez *a*.

FIG. 2. Engrenage de champ à dents de bois, calé sur arbre carré. (v. art. 247 à 273.)

aaa. Dents en bois ajustées dans leur mortaises, et non encore taillées. L'espace qui les sépare est rempli par des coins, afin de les pouvoir tourner.

bbbb. Calles en fer ou en acier.

cc. Fausses calles servant à dresser l'arbre et à le mettre au rond, avant l'ajustement des calles.

FIG. 3. Portion d'engrenage à dents de bois, garni de ses dents. (v. art. 260, 262.)

aaa. Dents de bois ajustées dans des mortaises mal divisées, et taillées de côté.

bc. Ligne de portée ou cercle primitif, ou cercle de contact de l'engrenage.

di. Pas de l'engrenage, ou distance du centre d'une dent au centre de la suivante, sur la ligne de portée.

gg. Goupilles qui retiennent les dents dans leurs mortaises.

emh. Cercle qui détermine la courbure des dents.

FIG. 4. Palier avec grains en acier trempé. (v. art. 245.)

FIG. 5. Calibre pour déterminer l'épaisseur et la courbure des dents en bois d'un engrenage. (v. art. 263.)

FIG. 6. Plan d'une portion d'engrenage de champ avec les dents tournées et encore pleines, mais déjà divisées, montrant le procédé employé pour reporter les divisions sur toute leur largeur. (v. art. 261.)

abcde. Points de division des dents.

f. Rencontre de deux arcs de cercle, dont les centres respectifs sont en *a* et en *e*, et qui déterminent la perpendiculaire *cf*.

FIG. 7. Coupe du moyeu d'un engrenage de champ et de son arbre carré.

ab. Bourrelet réservé dans le noyau, pour que les calles *cd* ne portent que sur les deux côtés du moyeu.

cd. Deux calles entrées chacune d'un côté de l'engrenage.

ef. Fausses calles. (v. art. 269.)

FIG. 8. Calibre pour tracer directement l'épaisseur des dents en bois.

a. Pointe de compas se posant sur le centre de l'engrenage. (v. art. 263.)

bc. Pointes qui vont se reposer sur les centres des deux dents voisines de celles que l'on trace.

defg. Flanc de la dent à tailler.

La distance *bc* égale deux fois le pas de l'engrenage.

FIG. 9. Mortaise d'une dent, son entrée est taillée en cône, pour empêcher la dent de passer au travers. Cette figure indique le procédé à suivre pour mettre une roue au rond et la dégauchir.

a. Ligne de portée de l'engrenage. (v. art. 270, 272.)

FIG. 10. Tracé de l'opération à faire pour déterminer l'inclinaison des dents de bois d'une roue d'angle, quand on la tourne.

ag. Inclinaison du fond des dents de la roue à dents de fonte. C'est cette inclinaison que l'on adopte pour celle du haut des dents de bois. Cette inclinaison est la même que celle de la ligne *eg* sur la ligne *ep*.

lhm. Fausse équerre qui sert à mesurer sur la roue que l'on tourne l'inclinaison des dents.

FIG. 11. Gourroies transmettant le mouvement entre deux arbres verticaux, et marchant sur deux cônes placés en sens inverse.

PLANCHE DIXIÈME.

ÉLEVATION D'UNE MACHINE A VAPEUR DE 8 CHEVAUX A 2 CILINDRES.

- a.* Massif des cylindres.
- b.* Massif des colonnes.
- d.* Massif de la manivelle.
- e.* Perron et escalier qui conduit à la machine.
- f.* Porte et escalier conduisant dans les ateliers. Il se trouve une autre porte en face qui communique à la chambre des fourneaux.
- g.* Tuyau d'apport de la vapeur.
- h.* Grand cylindre.
- i.* Petit cylindre.
- kk.* Plateaux du petit et du grand cylindre.
- ll.* Robinets de graissage des plateaux.

XXXVIII

mm. Boîtes à étoupes des plateaux avec leurs vis et leurs écrous.

nn. Tringles de l'excentrique.

o. Grande manivelle des soupapes.

p. Petite manivelle.

q. Tige du grand piston.

r. Tige du petit piston.

s. Robinet de décharge de la chemise, pour l'écoulement de l'eau condensée.

t. Colonne du parallélogramme.

u. Bras de la colonne.

v. Traverse de la colonne.

x. Bras du grand piston.

y. Bras du petit piston.

z. Bras du condenseur.

a'. Tringle du condenseur.

b'. Clavette et tige du piston du condenseur.

c'. Corps de pompe du condenseur.

d'. Chemise du condenseur.

e'. Tuyau d'écoulement de l'eau de condensation.

f'. Bâche du condenseur.

g'. Trop plein de la bache.

h'. Tuyau à vapeur du condenseur.

i'. Balustre, manivelle et équerre du robinet d'injection.

k'. Chapeaux du balancier.

l'. Boules du balancier.

- m'*. Balancier.
- n'*. Supports et palier du balancier.
- o'*. Entablement.
- p'*. Colonnes.
- q'*. Grande plaque des cylindres et des colonnes.
- r'*. Modérateur.
- s'*. Bielle.
- t'*. Tête de la bielle avec ses grains, sa frette et ses clavettes.
- u'*. Manivelle.
- v'*. Arbre du volant.
- x'*. Prisonnier de la manivelle, son grain et sa clavette.
- z'*. Palier de la manivelle.
- y'*. Grands boulons qui relient la grande plaque et le palier de la manivelle aux massifs.
- a''*. Volant.
- b''*. Pompe alimentaire.
- c''*. Tuyau d'aspiration de la pompe alimentaire.
- d''*. Tuyau d'injection de la pompe alimentaire.
- e''e''*. Arbre de commande de l'excentrique.
- f''f''*. Tringles et tiges de la pompe de puits.
- g''*. Pompe de puits.
- h''*. Piston de la pompe de puits.
- i''*. Tuyau d'aspiration.
- k''*. Tuyau de refoulement.
- l''*. Chapelle de la pompe de puits.
- m''*. Madrier sur lequel repose la pompe de puits: il est scellé dans le murs du puits.

XL

***n''*. Planches qui ferment le puits.**

***o''*. Puits.**

***p''*. Plancher de la chambre de la machine.**

***q''*. Murs du puits.**



OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.

L'ouvrage que nous publions ici est un Manuel pratique, destiné aux manufacturiers qui emploient des machines à vapeur, ou qui seraient en position d'en employer, et aux ouvriers chargés de les conduire. Si nous avons atteint le but que nous nous sommes proposé en le composant, ils y trouveront réunis et développés les meilleurs moyens d'entretenir ces machines en bon état, de reconnaître et de réparer promptement les accidens auxquels elles sont le plus sujettes, d'en obtenir le plus grand travail dont elles soient capables avec la moindre dépense d'entretien et de combustible, et en même temps la meilleure marche à suivre pour les établir. Ils y trouveront, en un mot, exposés avec simplicité et dans les plus grands détails, les résultats pratiques de l'expérience que nous avons acquise, en conduisant et en montant des machines et des ateliers.

Nous avons lieu d'espérer que cet ouvrage leur sera plus utile qu'une grande partie de ceux qu'on offre chaque jour aux industriels. En effet, bien que, sous le rapport de la disposition des idées et du style, il se ressente nécessairement des travaux d'ateliers au milieu desquels il a été rédigé, il a cependant le mérite positif d'être écrit avec franchise, de toucher directement aux points

importans , et , par suite , de pouvoir être lu et compris , ce qui n'arrive pas toujours aux ouvrages de ce genre , parce que le plus ordinairement , les écrivains ne connaissent pas les ateliers , et que les hommes d'atelier n'écrivent guère qu'après s'être retirés des travaux , et lorsqu'ils ne sont déjà plus au courant de l'art qui marche tous les jours en avant.

Tous les fabricans qui ont étudié long-temps et attentivement les machines à vapeur , ont sans doute observé , comme nous , que , lorsqu'elles sont bien construites et bien montées , l'économie de leur consommation et de leurs frais d'entretien , la régularité et la quantité du travail qu'elles peuvent faire , et bien souvent le succès de l'établissement qu'elles font mouvoir , dépendent de la manière dont elles sont conduites. En effet , la machine la meilleure et la plus parfaite , si elle est mal soignée , est une source constante de pertes graves , et peut être mise hors de service en peu de mois ; car le moindre dérangement dans l'ajustement des pièces , qui vient occasionner des frottemens nouveaux et une détérioration rapide , ou qui laisse pénétrer l'air dans le cylindre et le condenseur , augmente énormément , et peut quelquefois doubler la consommation de la houille , qui est la plus forte dépense des machines. Ces fabricans ont pu remarquer aussi que presque tous les accidens qui arrivent sont dus au défaut de soin des chauffeurs , et par conséquent au peu de surveillance et d'expérience des propriétaires , et que ceux même qui n'ont pu être prévus , deviennent très-sérieux , et quelquefois irréparables , lorsque l'on n'y porte pas un prompt remède.

Ainsi , c'est souvent aux causes les plus légères , et les plus faciles à éviter , que l'on doit ces nombreux frais de

réparations et d'entretien, et ces fréquens chômages, dont les conséquences sont si graves pour le manufacturier, et qui, par suite, en occasionnant des plaintes réitérées contre les machines à vapeur, ont empêché beaucoup de fabricans de les employer avec succès, dans la fausse conviction où ils sont que leur travail est très-cher et surtout très-irrégulier. Or, c'est un inconvénient très-grave que d'être soumis chaque jour aux inégalités et aux interruptions d'un moteur, parce que la constance et la régularité du travail sont au rang des objets auxquels on doit donner l'attention la plus suivie dans un atelier, et que les pertes de temps sont les plus graves que l'on puisse éprouver; et telle est la nécessité d'un travail régulier, que l'on a souvent accordé aux machines à basse pression de Watt, la préférence sur les machines à moyenne pression de Woolf, malgré l'importante économie de combustible que présentent ces dernières. Les soins plus assidus qu'elles réclament, les accidens plus fréquens auxquels elles sont sujettes, et les pertes de temps qui en sont la conséquence, ont paru, non sans raison, à bien des manufacturiers, compenser souvent une économie de combustible qui peut s'élever à près de moitié, mais que le défaut de soin rend souvent presque nulle, comme nous l'avons dit.

Nous reviendrons plus loin sur la comparaison pratique de ces deux systèmes de machines. Il nous suffira de dire ici que presque tous les inconvéniens des machines de Woolf tiennent à ce qu'elles ne sont pas bien conduites; et quoiqu'elles soient réellement plus difficiles à diriger que les machines de Watt, avec une surveillance active et des soins assidus, on réussit parfaitement à réunir dans ce système une économie de combustible de

deux cinquièmes au moins à la régularité de travail indispensable dans un atelier.

C'est en montant, en soignant, en visitant des machines de Woolf, que nous avons été conduits à reconnaître toute l'importance d'une surveillance éclairée : obligés d'étudier sans cesse nos machines, et y découvrant chaque jour des faits nouveaux, nous avons senti vivement quel devait être l'embarras des manufacturiers qui, désirant connaître à fond celles qu'ils emploient et constamment détournés de cette étude par leurs affaires, sont contraints de s'en remettre entièrement à des chauffeurs souvent aussi peu actifs qu'instruits. Nous croyons donc rendre un service important aux manufacturiers, en leur exposant les signes auxquels ils découvriront d'un coup-d'œil les défauts de leurs machines, en leur indiquant le genre de surveillance prompte et facile qu'ils doivent toujours exercer par eux-mêmes ; enfin, en enseignant aux chauffeurs quels sont les soins particuliers à donner à une machine, pour qu'elle développe constamment toute sa force sans éprouver aucun accident grave.

Les manufacturiers qui emploient des machines à vapeur doivent se convaincre profondément de cette vérité, que la consommation de la houille formant, dans les machines à vapeur au-dessus de 6 à 8 chevaux, au moins les deux tiers de la dépense journalière, et cette consommation étant de chaque instant, et très-difficile à évaluer jour par jour, tous leurs soins, toute leur surveillance doivent s'appliquer constamment et sans relâche à la diminuer : qu'ils se persuadent, de plus, que le moindre dérangement dans leur machine, en diminuant sa puissance, augmente immédiatement, sans aucune utilité et dans un très-grand rapport, cette consumma-

tion de houille ; que par conséquent il ne faut ajourner, sous aucun prétexte, les réparations ou les soins d'entretien, sans parler même des accidens souvent très-graves auxquels on s'expose par un léger retard. Nous avons vu diminuer de plus d'un quart la quantité de combustible qu'absorbait une machine, en fermant quelques ouvertures par lesquelles l'air y pénétrait et s'opposait à ce que le vide se fît complètement dans le cylindre et le condenseur (1).

Les manufacturiers actifs, auxquels l'exactitude de leur surveillance fait découvrir les défauts de leurs machines, mais qui ne connaissent pas le moyen de les réparer, se trouvent dans la pénible nécessité, ou de s'en rapporter aveuglément à leurs chauffeurs, ou de garder chez eux un mécanicien chèrement payé ; et d'autant plus disposé à faire valoir ses services, que l'on en éprouve un plus vif besoin ; ou enfin de faire venir de loin, à grands frais et avec de longs retards, un mécanicien à qui une inspection rapide et superficielle ne permet pas de découvrir et de réparer tous les défauts d'une machine. Notre but est de leur éviter cette fâcheuse alternative, et de les mettre promptement en état de diriger eux-mêmes leurs chauffeurs, et de se passer de tout secours étranger et éloigné. Les manufacturiers n'ont pas besoin d'être mécaniciens eux-mêmes ; mais ils doivent connaître les défauts des outils qu'ils emploient, sans se reposer

(1) Nous pouvons citer ici l'exemple d'une machine de 12 chevaux, à basse pression, sortie de l'un des plus beaux ateliers de l'Europe, qui n'entraîne qu'une seule paire de meules de moulin avec une consommation de 1500 k^e de houille par jour. Cependant les réparations qu'elle exige sont probablement faciles, puisqu'elle paraît en assez bon état à l'extérieur, et qu'elle marche encore avec régularité.

jamais de ce soin sur leurs ouvriers, parce que là, comme partout ailleurs, un œil intéressé peut seul les découvrir.

On ne trouve consignés nulle part les renseignemens indispensables pour atteindre ce but ; aucun des ouvrages qui, jusqu'à ce jour, traitent des machines à vapeur, ne fournit à ce sujet des renseignemens qui puissent être réellement utiles. Afin de remplir cette lacune, nous avons cherché à développer, dans les plus grands détails, les soins qu'exigent les machines à vapeur pour fonctionner régulièrement, les maladies qu'elles éprouvent, leurs symptômes et les remèdes à y apporter. Notre livre n'est pas une compilation, on ne le trouvera pas rempli d'observations déjà publiées ; mais ce qui, à notre avis, est un éloge que nous avons cherché à mériter, c'est que les hommes qui ont suivi de près la marche des machines y retrouveront une foule de détails pratiques, et beaucoup de faits qu'ils ont depuis long-temps appris à leurs dépens dans les ateliers ; et quelque triviales que ces connaissances puissent paraître aux hommes du métier, il faut, pour les acquérir, payer chèrement les conseils de l'expérience : que si ces résultats de pratique, ces détails d'atelier, si importans à répandre, ne sont consignés dans aucun ouvrage, si aucun auteur ne s'occupe à les publier, c'est que les uns n'ont pas le temps ou le goût de suivre ce travail, ou qu'ils veulent profiter seuls de leur expérience, et que les autres ignorent ou dédaignent des faits trop au-dessous de la science. Ces derniers, empressés et hardis à donner, de loin, des conseils aux manufacturiers, prétendent marcher en avant sans s'appuyer sur une étude entière des arts qu'ils traitent, et leur indiquer des progrès à faire, sans connaître ni leurs ressources ni leurs besoins. Mais avant de faire mieux, il

faut savoir faire et faire bien. La description exacte et raisonnée des faits connus doit précéder l'exposition des projets d'amélioration et des systèmes ; autrement on ne sait ni ce qu'il faut chercher, ni dans quelle route le trouver.

D'un autre côté, les écrits de la plupart des hommes qui rédigent des traités d'arts et métiers et y proposent des améliorations nombreuses, sans être initiés eux-mêmes dans la connaissance pratique et approfondie de ces arts, comme ceux qui ont pour objet spécial d'en développer les hautes théories, ont un défaut grave, c'est de ne s'adresser qu'à peu d'hommes en état de les comprendre et de les juger. La masse presque entière des industriels, c'est-à-dire tous les entrepreneurs de petites fabrications, et les ouvriers, se trouvent privés de ce puissant moyen d'instruction, tandis que de nombreux ouvrages se croisent au-dessus de leurs têtes, sans qu'ils aperçoivent seulement leur passage. Ainsi, plus des trois quarts des hommes civilisés se trouvent déshérités de l'expérience progressive de leurs pères, et enchaînés par le cercle étroit de leurs travaux ordinaires dans une routine, qui force chaque individu à recommencer laborieusement son éducation expérimentale, au lieu de trouver dans les ouvrages où elles devraient être réunies, toutes les observations déjà faites dans chaque genre de travail, et les faits qu'une comparaison éclairée pourrait lui faire utilement puiser dans d'autres industries.

Toute connaissance, quelle qu'elle soit, répandue parmi les peuples, tout ouvrage pratiquement utile, afin qu'on le lise et qu'on le sente, adressé à ces millions d'hommes qui en ont un si vif besoin, et qui en tireraient un si grand parti, est un pas fait vers leur affranchissement ;

c'est un moyen de faire jaillir de leur sein tous ces talens supérieurs qui y existent, et dans la même proportion que parmi les hommes les plus éclairés, mais qui sont inconnus encore à eux-mêmes, et perdus pour leur propre bonheur et pour celui de l'espèce humaine. Il faut donc offrir à chacune des branches d'industrie des ouvrages qui développent ces talens cachés, ou qui au moins fournissent aux esprits ordinaires des connaissances et des ressources qu'ils n'auraient peut-être jamais trouvées par eux-mêmes.

La carrière de la mécanique appliquée aux arts a été long-temps remplie entièrement par des hommes sortis honorablement des rangs des ouvriers, parce que tous ceux qui auraient pu y entrer par l'autre extrémité, c'est-à-dire par la science, avec des connaissances plus étendues, ont dédaigné les travaux manuels, comme déshonorans. Mais parmi ces hommes habiles qui se sont créés eux-mêmes, il en est bien peu qui n'aient pas oublié le point d'où ils sont partis, et qui aient pensé à éclairer à leur tour leurs anciens confrères, et tenté de leur faire partager ces connaissances plus relevées, qui les ont si heureusement portés eux-mêmes en avant. La tâche reste donc presque entière. Nous en essaierons une partie, avides que nous sommes de contribuer, autant qu'il sera en notre pouvoir, à répandre quelques connaissances dans la masse entière des hommes qui y ont tant de droits. Mais avant de traiter le sujet, beaucoup plus difficile, de la construction des machines à vapeur, que nous espérons pouvoir tenter plus tard, nous commencerons par exposer aux industriels qui les conduisent, les connaissances nécessaires pour développer leur force entière.

Tous les résultats que nous donnons ici sont le fruit de nos observations dans le montage et la conduite des

machines à vapeur. Le désir de ne dire jamais que ce que nous savons , nous a fait appesantir particulièrement sur les machines dites de Woolf , à moyenne pression. et à deux cylindres , parce que nous les avons mieux étudiées que les autres : en outre , les soins à donner à tous les systèmes de machines sont du même genre , et nous sommes convaincus , par notre expérience , que quand on est en état de conduire parfaitement les machines à moyenne pression , la surveillance des machines à basse pression le plus fréquemment employées avec celles de Woolf , n'offre pas de difficulté réelle. En effet , les premières , soit par leur plus grande complication , soit par la pression plus élevée de la vapeur que l'on emploie , sont sujettes à de plus fréquens dérangemens que les autres , et demandent des soins plus assidus. Nous donnerons cependant aussi quelques détails sur les machines à basse pression et le réglément de leurs soupapes , afin que , dans cet ouvrage , les chauffeurs trouvent , autant qu'il sera en notre pouvoir , une instruction complète.

Nous consacrerons un article particulier à la comparaison des frais de consommation et d'entretien , et des chômages proportionnels dans les deux systèmes de machines , pour guider avec certitude les fabricans dans le choix raisonné qu'ils doivent faire suivant les localités , choix qui n'est le plus souvent déterminé que par la présence auprès d'eux de quelques machines d'un système quelconque , et le nom du mécanicien qui les a montées. Nous chercherons à indiquer la marche à suivre pour apprécier la valeur de travail d'une machine suivant les lieux et les circonstances , et à la comparer à celle du travail des autres moteurs , comme les chevaux , l'eau et le vent. On sentira facilement combien il est important pour un manufactu-

rier qui veut former un établissement , ou changer son moteur , de pouvoir se rendre d'avance un compte approché des résultats qu'il doit obtenir. Que d'établissements ont été arrêtés et souvent renversés , parce que l'on n'avait pas calculé d'avance le prix auquel reviendrait la force qu'ils exigeaient ! On trouvera aussi dans cet ouvrage , comme complément , des conseils sur la manière de traiter avec les mécaniciens dans l'achat des machines , et le montage des ateliers. Cet objet est de la plus haute importance , puisque seul il peut garantir à celui qui crée un établissement , souvent même nouveau pour lui , qu'il trouvera dans son moteur toute la force et toutes les conditions nécessaires au succès , ou qu'il peut au moins lui éviter , en cas d'erreur du mécanicien , un procès que l'expérience a démontré presque impossible à juger dans l'état actuel des connaissances générales et de la législation. A ces conseils , nous avons cru devoir en ajouter quelques autres sur le montage des machines à vapeur , parce que , quoique ce montage regarde essentiellement le constructeur mécanicien , les manufacturiers sont souvent obligés de rétablir des pièces brisées , ou de vérifier la position de celles qui pourraient avoir varié. Il leur est utile , en outre , de pouvoir suivre et surveiller le travail de l'ouvrier monteur , et s'assurer qu'il ne néglige aucune des précautions nécessaires au développement de toute la puissance de la machine.

Beaucoup de manufacturiers désireront connaître en même temps la théorie des outils qu'ils emploient , et les chauffeurs , principalement , à mesure qu'ils se sentiront de l'heureuse influence des cours industriels institués dans un grand nombre de villes , éprouveront aussi le besoin de s'instruire davantage : pour satisfaire à ce

besoin, sans ôter à notre ouvrage son caractère spécial de pratique, nous avons rejeté dans un appendice un abrégé de la théorie des vapeurs, des lois auxquelles elles sont soumises, et de la manière d'en mesurer les effets appliqués aux machines à vapeur. Ce dernier objet, qui jusqu'à ce jour a offert peu d'importance aux manufacturiers, en présentera bientôt davantage quand on aura trouvé un mode certain et régulier de mesurer la puissance utile des machines à vapeur et de tous les moteurs, et que l'on connaîtra exactement la force qu'exigent les divers travaux industriels, puisqu'alors l'évaluation pratique et réelle des machines à vapeur servira de base à la formation des établissemens et aux traités à passer avec les mécaniciens pour leur construction.

Enfin, nous avons terminé par quelques observations sur les ordonnances relatives aux machines à vapeur. Ces ordonnances, rédigées par des hommes qui connaissent peu les machines, nous ont paru, sur plusieurs points, contraires aux conditions qui assurent leurs succès, contraires au but même qu'elles se proposent : le but en lui-même nous paraît entièrement erroné, en ce que, à part toute idée du droit de propriété, l'entière indépendance des manufacturiers est beaucoup plus importante que toute fausse nécessité de surveillance administrative.

La marche suivie dans cet ouvrage est simple. Nous avons examiné successivement toutes les pièces qui composent une machine du système de Woolf, depuis celles où se produit la vapeur, jusqu'à celles qui transmettent le mouvement créé aux outils. A chaque pièce, nous avons indiqué les accidens qui lui arrivent, les symptômes auxquels on peut les reconnaître, et les remèdes à y apporter.

Nous avons ensuite réuni, dans un article particulier, le détail de tous les soins nécessaires à la conduite générale et à la surveillance d'une machine, soit de la part des chauffeurs, soit de la part des manufacturiers. Le tracé de chacune des pièces de la machine suffira pour la parfaite intelligence de ce que nous avons à dire. Nous ne sommes entrés que rarement dans le détail de la construction des pièces et de leur ajustement entre elles, attendu que nous écrivons plus particulièrement pour des hommes qui ont déjà vu et conduit des machines à vapeur, et qui en connaissent au moins le jeu et la combinaison générale.

Il est enfin un objet auquel nous avons cru devoir donner quelque attention, c'est la nomenclature des diverses pièces d'une machine. Le premier pas à faire, lorsque l'on veut consigner sur le papier des faits relatifs à une branche encore neuve de connaissances, c'est de fixer l'acception des mots, et d'assigner à chaque objet un nom distinctif. Ce travail n'a jamais été tenté, en France, pour la mécanique ; quelques noms ont été adoptés dans différens ateliers, sans suite et sans ordre. Nous avons donc essayé d'appliquer un nom distinct à chacune des pièces qui composent une machine à vapeur. Ne pouvant pas, sans de grandes difficultés, créer des noms qui ne forment qu'un seul mot, et pour ainsi dire, une langue nouvelle, comme cela a lieu dans la langue mécanique de l'Angleterre, nous avons adopté, lorsqu'il n'existait pas un terme précis et simple, des noms méthodiques formés d'un mot générique qui s'applique à plusieurs espèces semblables, et d'un autre mot qui les distingue les unes des autres, tels que *bras de rappel*, *bras de la colonne*, etc. ; et lors même que nous

n'aurions pas réussi à les choisir heureusement parmi ceux que la routine emploie quelquefois, ils nous serviraient au moins à être clairs, et à éviter des périphrases, des explications et de nombreux renvois, qui ne peuvent qu'embarrasser la marche des faits et en obscurcir tout le développement. Quoi qu'il en soit, cette première tentative, dût-elle échouer, éveillera, nous l'espérons, l'attention des mécaniciens, et fera naître des efforts plus habiles, plus heureux, et un succès très-important pour les progrès de la mécanique en France.

Cependant, quelque rares que soient les renseignements à puiser dans les ouvrages publiés jusqu'à ce jour, nous en avons trouvé d'utiles, et nous avons cherché à en profiter, soit pour étendre ou rectifier nos observations, soit pour comparer entre elles celles des divers auteurs. Nous citerons, parmi les plus remarquables, les traités des machines à vapeur et du chauffage de Tredgold, le *Traité de la chaleur* de M. Peclet, l'excellent *Bulletin de la société* de Mulhouse, qui porte si évidemment le caractère de l'expérience théorique et pratique et de l'activité industrielle de ses rédacteurs, etc., etc. Le peu d'étendue de notre cadre et le but même de l'ouvrage, qui ne doit présenter que des faits clairs et positifs, sans discussion ni développemens, ne nous ont pas permis d'indiquer chacun des emprunts que nous avons faits et leurs sources diverses. Nous profitons aussi de cette occasion pour exprimer ici notre reconnaissance à M. Darcet, pour les importantes communications que nous avons dues à son amitié dans le cours de nos travaux, et en particulier pour les faits relatifs à la construction des fourneaux, et les avis qu'il a bien voulu nous transmettre, et dans lesquels cet ouvrage a puisé un caractère d'utilité plus générale.

Nous prions également nos amis, MM. Casalis et Cordier, de Saint-Quentin, de recevoir nos vifs remerciemens pour les notes que leur expérience dans les constructions mécaniques les a mis à même d'ajouter à notre manuscrit, et dont nous avons heureusement profité.

Sans doute, quelques-uns des accidens si variés qui arrivent aux machines à vapeur manquent à notre travail, soit qu'ils ne se soient pas encore présentés à nous, soit qu'ils nous aient échappé : mais, dans l'espoir de pouvoir un jour présenter cet ouvrage plus complet, si on lui trouve le degré d'utilité que nous croyons y voir, nous prions, dans l'intérêt général de l'industrie, tous les manufacturiers qui auraient eu occasion de faire de nouvelles et importantes observations sur ce sujet, de vouloir bien nous les communiquer. Nous recevrons avec reconnaissance cette nouvelle preuve de l'intérêt universel que l'on prend aujourd'hui à tous les efforts qui ont pour but les progrès de l'industrie et de l'instruction populaire.

GUIDE DU CHAUFFEUR

ET

DU PROPRIÉTAIRE DE MACHINES A VAPEUR.

PREMIÈRE PARTIE.

DES CHAUDIÈRES ET FOURNEAUX.

1. L'étude des chaudières et des fourneaux appartient principalement à l'art du constructeur de machines à vapeur; cependant nous entrerons dans quelques détails sur cet objet, parce que les manufacturiers sont souvent appelés, soit à rétablir, soit à changer leurs chaudières et leurs fourneaux, et que la plus légère amélioration dans leurs dispositions peut donner immédiatement une importante économie de combustible. La construction des fourneaux, en particulier, a été si peu étudiée, que les mécaniciens, qui ont un vif in-

térêt à leur donner toute la perfection possible pour assurer la marche régulière et constante de leurs machines à vapeur, se laissent encore guider, dans ce travail, par une mauvaise routine, n'y attachent même, en général, aucun intérêt, et, en abandonnant ainsi à un ouvrier monteur la direction d'un travail aussi difficile qu'important, s'exposent à de fréquens accidens, dont ils accusent la machine même, tandis qu'un changement facile dans la forme du fourneau en préviendrait le retour. On voit, en effet, des machines qui paraissent en bon état, et auxquelles cependant le feu le plus vif ne peut pas donner la vitesse demandée : elles consomment toute la vapeur produite par le fourneau, et sont toujours *lourdes*. On trouvera constamment la cause de ce défaut dans une cheminée et des carnaux trop étroits, qui ne peuvent pas brûler assez de houille, et produire assez de vapeur, ou dans une chaudière qui ne présente pas au feu direct une surface suffisante. Rien de plus fréquent que ces défauts, et nous prouverons surtout plus loin qu'il n'y a peut-être pas une machine de bateau à vapeur qui en soit exempte.

2. Aujourd'hui, quoiqu'on ne soit pas d'accord sur les meilleures proportions à donner aux fourneaux, on commence à reconnaître la nécessité d'adopter et de suivre quelques principes pratiques, que plusieurs constructeurs ont cherché à fixer, sans avoir jusqu'à présent obtenu un succès complet. Nous exposerons avec soin les bases desquelles nous sommes partis dans des travaux de ce genre, en les accompagnant de plans

détaillés, et dessinés à l'échelle; les seuls qui puissent offrir de l'utilité; nous aurons, en outre, la précaution d'y coter les dimensions les plus importantes, comme celles des grilles, des carnaux et des cheminées.

Nous n'entrerons pas dans l'examen méthodique et complet de chacune des pièces dont se compose une chaudière et un fourneau; nous ne chercherons pas à analyser ou à réfuter les écrits publiés sur ce sujet: Convaincus que jusqu'à ce jour tous les calculs appliqués à la construction des fourneaux, outre le défaut d'une complication qui leur enlève toute utilité, n'ont encore conduit qu'à des résultats vagues et incertains, et que l'on ne peut encore atteindre le but que par des formules pratiques qui, réduisant tous les cas particuliers à un petit nombre de cas généraux, sacrifient une vaine prétention d'exactitude mathématique, au besoin d'une simplicité usuelle; nous donnons seulement les élémens pratiques de la construction des fourneaux destinés à produire de la vapeur, déduits de l'expérience, et directement applicables. Ces données nous ont été communiquées par M. d'Arctet, membre de l'Institut; elles sont le résultat de nombreux essais, et d'un travail éclairé par la théorie et l'analyse chimique, et long-temps suivi sur les fourneaux de toute espèce qu'il a eu occasion d'établir. Dans toutes les constructions dont nous nous sommes occupés, et où nous les avons appliquées, nous en avons constamment obtenu les meilleurs résultats, et quoique les travaux qui portent ce nom

n'aient besoin d'aucune garantie, nous pouvons assurer d'avance aux industriels qui en feront usage, le succès le plus complet.

DES CHAUDIÈRES.

3. *Chaudières en tôle à fond concave.* Les chaudières destinées à produire de la vapeur sont construites en tôle, en fonte ou en cuivre, selon l'usage auquel elles seront employées, et la pression à laquelle elles travailleront.

Les chaudières à basse pression (1) ont ordinairement la forme d'un carré long, dont la partie supérieure est cylindrique, et le dessous concave (*Pl. 2, fig. 3 et 5*), afin de présenter plus de surface à l'action directe du feu. Quand la chaudière est grande, quelques constructeurs y pratiquent intérieurement un ou deux conduits dans lesquels ils font circuler la fumée avant de l'envoyer dans la cheminée, afin de la dépouiller de toute sa chaleur. Cette forme de chaudière, qui n'offre pas à la pression de la vapeur une résistance

(1) Nous entendons par machines à basse pression celles qui travaillent ordinairement avec de la vapeur en équilibre avec la pression de l'atmosphère, ou supérieure à cette pression, de 8 à 10 centimètres (3 à 4 pouces) de mercure. Les machines dites de Watt et Boulton, et toutes celles qui sont construites sur le même principe, sont de ce genre. Nous appelons *machines à moyenne pression* celles qui emploient la vapeur sous une pression de 2 à 3 atmosphères au-dessus de celle de l'air, comme les machines de Woolf; nous nommons enfin *machines à haute pression* proprement dites, celles où la vapeur travaille sous une pression plus élevée, depuis 4 jusqu'à 7 et 8 atmosphères, comme celles de Trevithick, d'Olivier Evans, etc.

aussi grande que la forme cylindrique , est assez difficile à exécuter , et ne peut être rendue solide dans les grandes dimensions , qu'au moyen d'une carcasse en fer. Le principal avantage qu'elle offre est de présenter au feu une surface plane ou légèrement concave , beaucoup plus favorable à la production de la vapeur qu'une surface cylindrique.

L'expérience nous paraît , en effet , prouver contre l'opinion de M. Péclet (1) , qu'une surface plane fournit plus de vapeur , en un temps donné , qu'une surface cylindrique égale , si elles sont toutes deux exposées directement au feu , quand les fourneaux sont construits sur les mêmes principes. En effet les côtés *A, B, C, D* des chaudières cylindriques (*Pl. 2, fig. 1^{re}*) ne reçoivent qu'obliquement l'action du feu et son rayonnement , ce qui diminue considérablement l'effet du combustible ; de sorte qu'à circonstances égales , avec des chaudières cylindriques de tôle de 0^m 60 de diamètre , et 2^m de longueur , nous n'avons obtenu que 5^k de vapeur pour 1^k de houille , tandis que l'on obtient au moins 6^k avec des chaudières à surface plane ou concave , et avec des chaudières à bouilleurs de tôle , qui agissent à peu près comme les surfaces planes , par suite du peu d'obliquité de leur surface latérale , due à leur petit diamètre , et de la facilité avec laquelle on peut les placer presque dans la masse de houille brûlante. Mais les chaudières à surface planes n'offrent pas assez de résistance à la pression de la vapeur. On en a vu quel-

(1) Péclet , tom. 2 , p. 7.

quefois aussi s'écraser sous le poids de l'air extérieur, lorsque le vide s'y produit intérieurement, et que l'on n'a pas eu la précaution de les munir de tubes ou de soupape de sûreté nommés *reniflards* (*Pl. 3, fig. 3*), qui permettent à l'air de rentrer, quand, par le refroidissement et la condensation de la vapeur, le vide s'y produit. De plus, les réparations en sont difficiles, et exigent souvent la démolition d'une grande partie du fourneau, ce qui n'arrive pas avec les chaudières à bouilleurs.

Il y a aussi quelques inconvénients dans les grandes chaudières de cette forme, à avoir une couche d'eau trop épaisse qui ne présente pas une surface assez grande à l'action du feu. Pour corriger en partie ce défaut, on y établit souvent un conduit qui sert à porter la chaleur dans le centre même de la masse d'eau; mais, à moins de donner à ces conduits les dimensions nécessaires au passage de la fumée, et qui alors occuperaient la capacité presque entière des chaudières, leur ouverture est beaucoup trop étroite; d'autant plus que le grand refroidissement qu'éprouve la fumée en passant dans un tuyau entouré d'eau, y diminue encore le tirage, et y fait déposer beaucoup de suie, qui l'engorge promptement, et le rend mauvais conducteur. Toutes ces causes contribuent à gêner le tirage du fourneau, et, en ralentissant l'activité du feu, à diminuer la quantité de vapeur que le charbon peut produire. Les manufacturiers qui emploient des chaudières de ce genre ne doivent donc pas hésiter à fermer ces conduits, et à faire passer la fumée di-

rectement dans la cheminée, après qu'elle a circulé une fois autour de la chaudière. Ils peuvent être certains que, si ce premier conduit de circulation est suffisamment large, en supprimant les conduits intérieurs, ils augmenteront l'effet de leur combustible, au lieu de le diminuer. Nous donnerons plus loin le plan et la construction d'un fourneau de ce genre.

4. *Chaudières cylindriques.* Les chaudières cylindriques ont ordinairement les deux extrémités sphériques (*Pl. 1^{re}, fig. 1^{re}*), ce qui leur donne plus de force. Toutefois, quand ce sont des chaudières de petites dimensions, et qui ne doivent soutenir qu'une faible pression, il est souvent plus facile de faire les fonds plats (*Pl. 2, fig. 2*); elles sont construites soit en tôle, soit en cuivre, et doivent être rivées avec le plus grand soin, sans cependant que les rivets soient trop nombreux et trop rapprochés l'un de l'autre, car ils affaibliraient considérablement les feuilles de métal, ce qui n'est pas sans danger. L'écartement des rivets doit varier avec la nature et l'épaisseur du métal.

Ces chaudières présentent une construction en même temps simple et très-solide; la disposition de leurs fourneaux est facile; en un mot, elles sont d'un emploi préférable à celui des chaudières dont nous venons de parler. On doit leur donner un petit diamètre et une grande longueur. Le feu produit plus d'effet, et en même temps elles résistent mieux à la pression de la vapeur; et si l'on avait besoin de dimensions plus grandes, il vaudrait mieux en avoir deux. Au-delà

de 1^m pour les chaudières à basse pression, de 0^m 80 pour les chaudières à moyenne pression, et d'une longueur trois à quatre fois plus grande, nous conseillons aux fabricans d'employer deux chaudières de moindre dimension : le travail en est plus régulier, plus simple, et les accidens moins graves et plus faciles à réparer.

Quant au défaut que nous avons signalé de produire moins de vapeur à surface égale, et de consommer plus de houille pour le même produit, que les chaudières planes ou concaves, et d'exiger, comme celles-ci, pour leur réparation, la démolition du fourneau, on a réussi à l'éviter, en plaçant sous les chaudières cylindriques des tubes en cuivre, en tôle, ou en fonte (*Pl. 1^{re} fig. 1^{re}, 2 et 6*), qui sont seuls exposés à l'action directe du feu, et qui peuvent être démontés et changés facilement sans détruire aucune partie essentielle du fourneau : et sous ce dernier point de vue, c'est une mauvaise méthode de construction que celle de river les bouilleurs aux chaudières, d'une manière fixe ; il vaut beaucoup mieux les assembler, comme les bouilleurs de fonte, au moyen d'une tubulure entrant à queue d'hironde dans celle de la chaudière, et fixée avec du mastic de fonte.

5. *Bouilleurs*. On a reproché aux tubes bouilleurs de compliquer inutilement les chaudières : nous sommes loin de partager cette opinion : comme nous venons de le dire, ils présentent plus de résistance que les chaudières à fond plat, et sont plus favorables à la production de la vapeur que les chaudières cylindriques, parce que leur diamètre étant plus petit, la partie oblique

qu'ils présentent à l'action du feu, en est moins éloignée que dans ces chaudières. En même temps, il préserve utilement la chaudière du contact direct du feu et de presque tous ses fâcheux effets : On peut alors la construire en fonte (*Pl. 1^{re} fig. 1^{re}*), qui ne brûle ni ne s'altère jamais, quand on ne laisse pas le fourneau se dégrader, et le feu agir directement sur elle. Ces tubes offrent aussi dans la partie qui supporte l'action la plus vive de la chaleur, et brûle avec le plus de rapidité, une résistance plus grande, vu leur petit diamètre; enfin, ils peuvent être au besoin changés et raccommodés facilement, promptement, et à moins de frais que la chaudière elle-même. Ces avantages sont si grands en pratique, que nous n'hésitons pas à en conseiller l'emploi le plus fréquent, aussi bien pour produire la vapeur à basse pression qu'à haute pression, dès que la chaudière devra présenter plus de 2^m carrés à l'action directe du feu. On les a déjà appliqués à des chaudières de tôle ou de cuivre, avec autant de succès qu'aux chaudières de fonte.

On adapte souvent aux chaudières de tôle ou de cuivre trois bouilleurs de même matière; aux chaudières cylindriques de fonte (*Pl. 1^{re} fig. 6*), employées dans les machines du système de Woolf, qui ne passent pas une force de 16 à 20 chevaux, on n'en met ordinairement que deux.

6. *Chaudières de fonte.* Les inconvénients que présentent ces chaudières de fonte ne sont pas plus grands que ceux des chaudières de tôle; ar, si elles sont exposées à se fendre quelquefois, celles de tôle

sont exposées à brûler. D'un autre côté, comme nous l'avons dit, si l'on entretient le fourneau en bon état, ces chaudières, convenablement nettoyées, peuvent durer indéfiniment sans jamais s'user ni laisser échapper de l'eau ou de la vapeur, ce qui arrive très-fréquemment aux chaudières de tôle, et la moindre fuite qu'éprouve ainsi une chaudière pendant son travail, consomme inutilement une grande quantité de combustible, sans que l'on puisse toujours s'en apercevoir. Elles sont ordinairement formées de deux pièces *A* et *B*, (*Pl. 1^{re} fig. 1^{re}*), ajustées ensemble. Voici les deux méthodes les plus usitées pour leur assemblage. Dans la première (*Pl. 1^{re} fig. 4 et 5*) les deux segments, coulés avec un collet intérieur *aa*, sont boulonnés à chaud, et le joint en est rempli par du mastic de fonte; et dans la seconde (*fig. 1^{re} et 2*), une des deux pièces *A* pénètre dans l'autre *B* à queue d'hironde, et y est retenue invariablement par le mastic de fonte en même temps que par les boulons. La deuxième méthode a le défaut de former des bourrelets saillans *a* beaucoup plus épais que le reste de la chaudière; mais comme celle-ci ne doit pas être exposée directement au feu, il n'en résulte que des accidens très-rares, tandis que cet assemblage offre plus de résistance que le premier; et d'ailleurs, dans le premier, le collet intérieur *a* donne aussi une épaisseur inégale à la fonte: et avec ce mode d'assemblage, que quelques-uns des boulons serrés à chaud avec une grande force viennent à se briser, les deux moitiés de la chaudière ne se trouveront plus liées solidement entre elles, et

il en pourra résulter une explosion , ou au moins l'eau coulera sur les bouilleurs , et les fera fendre s'ils sont en fonte : et s'ils sont en tôle, le moindre inconvénient sera de consommer inutilement une grande quantité de houille pour mettre en vapeur toute l'eau écoulée, et de ne pouvoir plus pousser assez vivement la machine. Il est inutile d'insister sur la nécessité de mastiquer ces pièces avec la plus grande précaution. parce que ce masticage, s'il n'est pas fait avec les plus grands soins, se fend et laisse couler l'eau sur les bouilleurs pendant que la chaudière travaille. On trouvera plus loin quelques détails sur l'emploi du mastic de fonte.

7. *Masticage des bouilleurs.* Nous avons dit que les bouilleurs des chaudières de tôle et de cuivre ne doivent pas être rivés invariablement au corps de la chaudière, parce que, pour les remplacer, il faut couper les rivets, et s'exposer à déchirer les bords du métal. Nous avons dit que ces inconvénients disparaissent en assemblant ces bouilleurs, comme ceux des chaudières de fonte, de manière à pouvoir les enlever et les changer avec facilité. Ajoutons qu'il n'est pas inutile de donner aux bouilleurs deux tubulures qui facilitent le passage de la vapeur dans la chaudière à mesure qu'elle se forme. Cette disposition n'est adoptée que pour les bouilleurs de cuivre et de tôle, parce que ceux de fonte se briseraient toujours en s'allongeant. Nous indiquerons rapidement la manière de les mastiquer.

Si la fourneau est nouvellement construit, on laisse

La maçonnerie opérer son tassement, afin que la chaudière prenne une position invariable. On met ensuite les bouilleurs *CC*, (*fig. 1 et 2*) en place. Leur queue repose sur un support de fer *b* en forme de croissant, bien préférable à une simple barre de fer, puisque pour enlever le tube, on peut dégager au besoin le support sans démolir le fourneau. Ce support repose immédiatement sur le sol *d* du conduit qui passe sous les bouilleurs. Quant à la partie antérieure, ce que nous nommerons tête du bouilleur, quelques mécaniciens conseillent de la laisser libre et suspendue à la chaudière, persuadés que, si on la soutenait solidement, la dilatation pourrait, par la résistance qu'elle rencontre, faire rompre le bouilleur même. Nous ne sommes pas de cet avis; nous n'avons trouvé aucun inconvénient à la soutenir sur une barre de fer ou une plaque de fonte, que la dilatation, qui du reste est très-faible, ferait au besoin aisément plier, et le masticage n'est pas obligé de supporter toute cette charge. A plus forte raison doit-on soutenir solidement la queue du bouilleur, puisque ce poids considérable agissant sur la tubulure placée à une des extrémités avec un aussi grand bras de levier, peut faire briser la fonte fortement chauffée.

Le tube posera donc sur un support *bb* et sur un barreau de fer ou de fonte *e* que l'on place, autant qu'il est possible de le faire, sur le devant du fourneau, pour que le feu ne le brûle pas. Il faut ensuite assurer exactement le collet du bouilleur *E* au milieu de la tubulure de la chaudière, au moyen de trois calles mises en dedans de celle-ci, et qui permettent de conserver au-

tour de ce collet un espace libre pour recevoir le mastic-de fonte : on enlève les calles, quand une partie de cet espace est rempli et que le tube est invariablement fixé ; car si on les laissait en place, il deviendrait presque impossible de détacher au besoin ce bouilleur, quand les calles rouillées auraient fait corps avec le mastic et la fonte. Or, en montant une machine quelconque, un mécanicien éclairé et prudent doit toujours prévoir le cas où l'on serait obligé de la démonter, pour rendre ce démontage facile ; à plus forte raison doit-on le prévoir pour des bouilleurs qui sont exposés à de fréquens changemens, et dont un des avantages est de pouvoir être facilement renouvelés. Il faut par conséquent, quand on fait couler des bouilleurs, avoir soin de donner autour de leur collet, à l'espace vide destiné au masticage, une largeur de 13 millimètres environ (6 lignes), afin de pouvoir facilement y entrer les burins quand on voudra le démonter. Ce mastic plus épais y prend aussi beaucoup plus de dureté. La plupart du temps, cet espace est tellement étroit, que les outils s'y brisent ou y restent engagés, de sorte que le démontage d'un tubé exige quelquefois trois jours d'un travail très-pénible. Le mastic doit être employé par petites parties, et fortement chassé avec un marteau de fer, jusqu'à ce que l'intervalle en soit entièrement rempli. On le laisse alors sécher deux jours avant de verser de l'eau dans la chaudière, ou si l'on était vivement pressé par le temps, il faudrait entretenir dessous un feu léger pendant 24 heures, pour le sécher plus rapidement.

8. Si, malgré ces précautions, on apercevait en remplissant la chaudière le moindre suintement de l'eau à travers le masticage, il serait indispensable de le recommencer de suite; car vouloir travailler malgré cette fuite, ce serait s'exposer inévitablement à briser les bouilleurs de fonte. Pour éviter toute fuite dans le masticage pendant le travail de la chaudière, surtout lorsqu'on ne peut pas attendre deux ou trois jours, et pour la relier encore plus solidement avec le bouilleur, on les assemble quelquefois au moyen de deux traverses *F* et *G* placées l'une dans la chaudière l'autre dans le tube, et réunies par un boulon *H* que l'on serre fortement en dedans. Cette précaution est indispensable quand le collet des bouilleurs n'est que peu ou point évasé en queue d'hironde, parce que le masticage ne retient plus assez fortement le tube, pour l'empêcher de descendre par son poids et par l'action de la vapeur.

9. *Bouilleurs de fonte.* Le grand inconvénient des bouilleurs de fonte que l'on a presque uniquement employés jusqu'à ce jour dans les chaudières en fonte à moyenne et à haute pression, est de se briser souvent, soit lorsqu'à l'ouverture de la porte du fourneau, ils sont frappés par un courant d'air froid, soit lorsque l'eau de la chaudière vient à les mouiller pendant qu'ils sont chauds; soit lorsque l'on ne prend pas la précaution de les nettoyer assez souvent, et que le dépôt terreux qui s'y attache, s'opposant au passage de la chaleur à travers la fonte, exige un coup de feu beaucoup plus violent, fait rougir le bouilleur qui n'est plus intérieurement en

contact avec l'eau, et le brûle ou le brise; soit parce que dans la plupart des machines au-dessus de douze à seize chevaux, les bouilleurs de fonte n'offrent pas assez de surface pour produire toute la vapeur nécessaire, ce qui force les chauffeurs à pousser le feu trop vivement. On appréciera mieux cette observation, quand nous aurons indiqué les quantités de vapeur que peut produire une surface donnée de fonte ou de tôle. Telles sont les principales causes de rupture des tubes auxquelles il faut encore ajouter les dégradations de la maçonnerie des fourneaux qui y établissent des courans d'air mal dirigés, et chauffent des parties sur lesquelles le feu ne doit pas agir.

10. *Bouilleurs de tôle.* Pour éviter ces accidens, qui, en dépit de toutes les précautions, entraînent de grandes pertes de temps et d'assez fortes dépenses, on a essayé avec succès d'appliquer des bouilleurs de tôle aux chaudières de fonte: on y a même trouvé une économie assez notable de combustible, parce que la tôle étant beaucoup moins épaisse que la fonte, laisse plus facilement passer la chaleur. On est, d'un autre côté, obligé de les nettoyer plus souvent sous peine de les brûler; mais, en somme, à égalité de prix dans l'achat, quoiqu'ils se brûlent quelquefois assez rapidement, nous avons reconnu par expérience qu'ils sont plus économiques que les bouilleurs de fonte; d'un côté, parce qu'il est facile d'y remplacer les plaques de tôle brûlées au-dessus du foyer, et de l'autre surtout parce que l'on n'a pas à craindre les accidens inattendus qui, avec les bouilleurs de fonte, entraînent de si longs chômages.

Souvent les tubes et chaudières de tôle ou de cuivre présentent de légères fentes dans les assemblages des feuilles, et dans les rivures : le meilleur moyen de les arrêter, est de faire bouillir dans l'eau de la chaudière vingt ou vingt-cinq litres de son gras, auxquels on peut même ajouter une petite quantité de chaux ; l'amidon qui se délaie alors forme avec la chaux un mastic que l'eau dépose dans les joints à mesure que le feu la met en vapeur, de sorte que tout écoulement s'arrête ; il est nécessaire ensuite de vider et nettoyer la chaudière avec soin, parce que le son resté en dépôt avec la chaux s'attacherait à la chaudière et la ferait promptement brûler.

11. *Changemens des bouilleurs.* En prenant d'avance toutes les précautions que nous allons indiquer pour opérer avec promptitude et facilité le changement d'un bouilleur brisé ou brûlé, et en ayant soin d'en tenir toujours deux en réserve, on peut, sans de grands inconvéniens, se dispenser d'avoir deux chaudières. Le nettoyage complet d'une chaudière ne demande que 12 ou 15 heures, et le renouvellement d'un bouilleur bien disposé, un seul jour : avec des bouilleurs de tôle, ce renouvellement est très-rare : d'ailleurs le nettoyage des chaudières, quand on n'attend pas au dernier moment, peut s'opérer pendant un jour de chômage naturel, sans arrêter en rien les travaux d'atelier.

On doit toujours élever au-dessus des bouilleurs, devant et derrière la fourneau, une voûte en briques *VV* (Pl. 1, fig. 1 et 5), que l'on ferme ensuite, quand les bouilleurs sont placés et mastiqués ; pour les renou-

veler, on n'est plus alors obligé de démolir toute la maçonnerie; il suffit d'ouvrir les deux cintres. Le fourneau se trouve à jour, et les bouilleurs dégagés des deux côtés et faciles à enlever. On retire le support de fer *B* et la plaque de fonte *E* qui soutiennent le tube, et on le fait porter sur des leviers, qui lui permettront de descendre quand il sera démastiqué. En même temps on place dessous deux petits rouleaux de bois, afin de pouvoir sortir le tube facilement, ce qui se fait beaucoup mieux par le derrière que par le devant du fourneau. On voit que, pour la facilité de ce travail, il ne faut pas oublier de se réserver sur le derrière un espace dans lequel on puisse manœuvrer librement les bouilleurs, ou une fosse que l'on recouvre de mardriers, si le fourneau est enfoncé en terre. Si la disposition des lieux ne permettait pas de réserver cet espace vide sur le derrière, il faudrait nécessairement le conserver sur un des côtés au moins, et y pratiquer une voûte pareille à celle dont nous venons de parler.

On procède alors au démastiquage du bouilleur, ce qui s'opère par l'intérieur de la chaudière au moyen de burins d'acier fondu. Si le mastic résistait trop fortement, et que l'espace qu'il remplit fût trop étroit pour y engager un burin, défaut qui rend souvent cette opération très-longue, il faudrait le couvrir d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique étendu d'une petite quantité d'eau. Le mastic est fortement attaqué par l'acide, que l'on renouvelle de temps en temps et en enlevant avec un outil tout ce qui est attaqué, on parvient à le détacher entièrement. On dégage ainsi le

collet *E* du tube qui descend sur les leviers ou sur un cric, et au moyen des rouleaux, on le fait sortir par le derrière du fourneau. On y replace le nouveau tube de la même manière en engageant la tubulure la première. Quand elle est arrivée au-dessous de celle de la chaudière, on relève la tête du bouilleur avec un cric, on replace la plaque de fonte *E* et le support *B* ; on met le collet *E* exactement au milieu de la tubulure de la chaudière, on mastique le tout, et on ferme le fourneau. Remarquons que les deux ouvertures *VV*, dont nous venons de parler, sont également utiles pour opérer le nétoyage complet du fourneau et de ses carneaux.

Ainsi la forme qui nous semble devoir être préférée est celle des chaudières cylindriques, à deux ou trois bouilleurs.

12. *Quantité de vapeur que fournissent les diverses chaudières.* Quand la forme des chaudières est ainsi déterminée, il est encore nécessaire de connaître leur produit en vapeur, et par conséquent la dimension qu'il faut leur donner.

Voici les quantités de vapeur que fournissent approximativement les diverses chaudières employées dans les machines. Nous ne comptons ici que la surface directement exposée au feu, parce que, dans un fourneau bien construit, la partie enfermée dans les conduits ne produit que peu d'effet.

1^o Chaudière à fond plat ou légèrement concave (*Pl. 2, fig. 3. et 5*; en tôle), 1 mètre carré de surface de tôle exposé directement au feu, fournit 72^k et jusqu'à 75^k de vapeur en une heure;

2° Chaudière cylindrique en tôle ou en cuivre (*Pl. 2, fig. 1 et 2*). Un mètre carré directement exposé au feu donne de 50 à 60^k de vapeur par heure.

3° Chaudière de fonte à bouilleurs de fonte (*Pl. 1, fig. 1 et 2*). Elles sont beaucoup plus épaisses que les chaudières de tôle, et ne donnent que 25 à 30^k de vapeur par mètre carré, en une heure. Dans celles-ci, la surface directement exposée au feu, absorbe une portion moins considérable de la chaleur totale que dans les autres chaudières. Il en résulte que la surface exposée à l'action de la fumée dans le premier conduit, produit encore un effet marqué; car une chaudière dont les bouilleurs n'exposent au feu direct que 3^m $\frac{1}{2}$ à 4^m de surface, produit cependant environ 150^k de vapeur par heure; ce qui ferait 40^k par mètre carré de fonte exposée au feu direct d'un fourneau ordinaire, et l'expérience prouve que le mètre carré de fonte ne donne pas dans ces circonstances une aussi grande quantité de vapeur.

15. *Comparaison du prix des chaudières.* En comparant donc les diverses chaudières sous ce rapport et sous celui de leur prix, et observant que celles de tôle et de cuivre n'ont pas besoin d'être aussi grandes pour fournir autant de vapeur, on arrive à peu près aux résultats suivants.

Une chaudière de fonte à bouilleurs, de 4 mètres carrés de surface exposée au feu, et produisant 150^k de vapeur à l'heure, peserait 1500^k environ, et coûterait à peu près 1,500 francs sans les accessoires.

Une chaudière de cuivre de même force n'aurait

que 3 mètres carrés de surface chauffée directement; elle peserait environ 315^k, et coûterait 1,137 francs : dans le même cas, une chaudière en tôle, de même dimension et d'épaisseur égale, peserait 300^k, et coûterait 540 fr. Observons que, lorsqu'on les vendra, on n'en trouvera plus que les prix suivans :

PERTE.				
Chaudière de fonte à	13 % k°	195 fr.	4305 fr.	87 %
en cuivre à	250 % k°	787	650	55 %
en tôle à	24 % k°	72	468	86 %

Nous donnons au cuivre la même épaisseur qu'à la tôle, quoiqu'il offre moins de résistance à la pression, parce qu'il s'altère moins vite que celle-ci : aussi l'avantage de la tôle, sous le rapport de la moindre perte réelle, est-il beaucoup moins marqué dans notre calcul qu'il ne le serait, si nous avions adopté les épaisseurs introduites par M. Pécelet dans le calcul qu'il fait pour fixer l'économie comparative des diverses chaudières. Il a comparé la perte relative que le cuivre et la tôle éprouvent; elle est moins forte sans doute pour le cuivre, mais la perte absolue et réelle, subie par le fabricant, est plus grande, comme on le voit, pour une chaudière de cuivre que pour une chaudière de tôle de même force, parce que celle-ci coûte beaucoup moins cher : et si l'on ajoute à cette différence de perte réelle, les intérêts composés de l'excès de prix d'une chaudière de cuivre sur une chaudière de tôle, on préférera probablement les chaudières de tôle à

celles de cuivre, quand même les premières offriraient moins de résistance à l'action corrosive du feu, surtout quand on peut se procurer de la tôle platinée, qui ne brûle pas aussi promptement que la tôle laminée, parce qu'elle ne se réduit pas en feuilles minces comme celle-ci. L'avantage reste donc aux chaudières de tôle sous le rapport de l'économie dans le prix d'achat et de la moindre perte réelle (1). Celles de cuivre ne résistent pas aussi bien à la pression; elles sont fortement attaquées par le soufre que contient souvent la houille; elles se détruisent assez vite, principalement quand on veut y produire la vapeur à une haute pression, et qu'il s'y forme un dépôt, parce qu'alors le cuivre, outre qu'il brûle à la surface, s'altère profondément et devient très-cassant. Elles ont cependant une qualité importante, c'est de ne pas être exposées à des explosions, parce qu'elles se déchirent sans accident, et d'être plus faciles à raccommorder.

Quant aux chaudières de fonte, lorsqu'elles portent des bouilleurs en tôle, elles sont fort bonnes; n'étant pas exposées au contact direct du feu, il ne leur arrive que peu d'accidens, et quand les masticages sont bien faits et le fourneau bien entretenu, elles peuvent durer un temps indéfini. Enfin, elles résistent beaucoup mieux que les autres à de très-fortes pressions.

Nous pensons donc que, dans les machines à basse

(1) Quels que soient les prix de ces divers métaux, et en supposant que le rapport de ces prix soit différent dans d'autres contrées, on pourra toujours refaire facilement nos calculs, et arriver ainsi à un résultat positif.

pression et dans les chauffages à vapeur, on doit employer des chaudières de cuivre ou mieux de tôle, en y adaptant des bouilleurs, dès qu'elles ont plus de 2 mètres carrés de surface exposés au feu; mais que, dans les machines à moyenne et à haute pression, il faut se servir de chaudières de fonte ou de tôle avec des bouilleurs de tôle.

Prix comparatif de trois chaudières capables de produire environ 150 ou 160* de vapeur à l'heure.

	SURFACE.	POIDS.	PRIX d'achat.	PRIX de vente.	PERTE réelle.	Perte °/.
Chaudières de fonte.	4 mètres.	* k ^o 1500	fr. 1500	195	1305	87 °/.
Id. cylindriques en cuivre.	3 mètres.	315	1137	787	650	55 °/.
Id. Id. en tôle. .	3 mètres.	350	540	85	468	86 °/.

Il deviendra facile de déterminer, à l'aide de ces résultats, les dimensions que doit avoir une chaudière destinée à alimenter une machine à vapeur, puisque l'on sait d'avance ce que cette machine consommera de vapeur et ce que la chaudière peut produire. Il faudra, dans cette détermination, avoir soin de donner toujours à la chaudière une surface exposée au feu direct, capable de fournir plus de vapeur que la machine n'en réclame, parce que, comme nous l'avons dit, la plupart des chaudières adaptées à de grandes machines, et principalement celles à moyenne pres-

sion et à bouilleurs, présentent le défaut de ne pas avoir assez de surface chauffée directement.

Une machine de huit chevaux, par exemple, a deux bouilleurs de fonte de 2^m,60^c de longueur chacun; une machine de 16 chevaux n'a également que deux bouilleurs de même diamètre, et de 3^m,60^c de longueur. La surface exposée directement au feu est, dans la première machine, de 2^m,60^c carrés, et dans la seconde, de 3^m,60^c tandis qu'elle devrait être de 5^m au moins. En employant dans ces fortes machines, des bouilleurs de tôle qui produisent plus de vapeur à surface égale que ceux de fonte, on corrige en partie ce défaut.

14. *Chaudières de bateaux à vapeur.* Nulle part ce défaut n'est aussi marqué que dans les chaudières des bateaux à vapeur, où le besoin d'en diminuer le poids, d'en réduire le volume, a conduit des mécaniciens qui n'avaient pas des idées bien nettes sur la construction des fourneaux, à fabriquer des chaudières hors d'état de fournir toute la vapeur que la machine réclame pour prendre sa vitesse entière. On a placé constamment les foyers en dedans des chaudières, ce qui est le plus sûr moyen d'en diminuer la surface de chauffe, et cette position du foyer est loin de donner les avantages que l'on s'en promet pour profiter de la chaleur qui doit rayonner de côté et par-dessous la grille; car il est prouvé par l'expérience que cette quantité de chaleur n'est pas appréciable. Dans un bon fourneau, le feu agit tout entier et directement au-dessus du foyer. Le même ef-

set se produit dans les carneaux où circule la fumée. En premier lieu, ils sont tous, ainsi que leurs cheminées, trop étroits pour la quantité de houille que l'on y doit brûler; en second lieu, entourés constamment d'eau, la fumée comme nous l'avons déjà dit, s'y refroidit rapidement, ce qui affaiblit le tirage, et elle y dépose de la suie, qui rend le métal mauvais conducteur, et diminue la quantité de vapeur produite. Les cendres s'accumassent en même temps dans le bas du conduit, de manière qu'en définitive, quoique le foyer et les carneaux soient enveloppés d'eau de toutes parts, il n'y a réellement que la moitié supérieure de ces conduits qui puisse être comptée comme surface de chauffe.

Une partie de ces chaudières présente aussi un autre défaut plus dangereux, c'est que, par suite du placement du foyer et de la circulation des carneaux au centre de la chaudière, il n'existe qu'une très-faible couche d'eau au-dessus de la partie chauffée. Or le moindre abaissement dans le niveau de l'eau, qui serait le résultat d'un accident arrivé dans les pompes alimentaires, permettrait au métal de rougir, et pourrait occasionner une explosion. La disposition de foyers adoptée par MM. Aitken et Steel dans la construction du bateau à vapeur *le Souffleur* destiné à la marine militaire, nous parait reposer sur un meilleur principe, puisqu'ils sont placés sous la chaudière, et qu'ils ne sont plus enveloppés d'eau que des deux côtés; la surface de chauffe est déjà beaucoup plus grande: mais ils ont encore adopté des carneaux intérieurs, et la couche d'eau qui se trouve en contact

avec la surface de chauffe directe et avec les carneaux, est beaucoup trop faible. Enfin le vide réservé pour la vapeur, en y comprenant le réservoir à vapeur, est à peine la moitié de ce qu'il devrait être. Sans avoir étudié spécialement cette question importante, et celle des chaudières de chariots à vapeur qui, sous plusieurs rapports, est du même genre, nous pensons qu'il serait plus avantageux d'allonger un peu les chaudières, de les faire même un peu moins épaisses, surtout celles qui doivent travailler à basse pression; d'envelopper directement dans la flamme du foyer et les bouilleurs que l'on placerait sous la chaudière et la moitié inférieure de la chaudière; enfin de supprimer toute circulation de la fumée dans les carneaux, et de l'envoyer directement dans la cheminée. Le tirage serait beaucoup plus vif, plus régulier, la conduite du feu plus facile, la production de vapeur plus abondante et la marche de la machine plus franche; toute l'enveloppe du foyer et du conduit inférieur de la fumée serait par conséquent faite en cuivre, ou en briques poreuses très-minces. En tout cas, on sentira facilement combien, avec la plupart des chaudières de bateaux à vapeur, les chauffeurs doivent avoir soin de nettoyer constamment et le foyer et les carneaux de circulation, pour conserver au moins au feu la plus grande activité qu'il puisse prendre (1).

(1) *Essai sur les Bateaux à vapeur*, par Tourasse et Mellet.

DES FOURNEAUX.

15. *Conditions auxquelles doit satisfaire un bon fourneau.* La construction des fourneaux, plus importante encore que celle des chaudières pour l'économie du combustible, a été très-négligée jusqu'à ce jour, et elle est sujette à de grossières erreurs. On sent aisément, qu'avec un fourneau mal construit, la meilleure machine ne pourra jamais fonctionner économiquement.

Les conditions auxquelles doit satisfaire un bon fourneau, sont :

1° De brûler complètement le combustible, sans donner de fumée, excepté dans les momens où on le charge.

2° De pouvoir brûler une quantité de houille suffisante pour fournir à la machine plus de vapeur qu'elle n'en consomme.

3° D'être facile à réparer et nettoyer.

4° D'avoir des parois assez épaisses pour ne perdre que peu de chaleur.

5° D'être muni de moyens faciles pour régler le tirage et la quantité de combustible à brûler.

16. *Excès de puissance que doivent avoir les fourneaux.* Les deux premières considérations renferment presque tous les principes de la construction des fourneaux. Ainsi nous leur donnerons assez de développemens pour que l'on puisse construire des fourneaux à vapeur, sans rencontrer de difficultés. Nous insis-

terons particulièrement sur la nécessité de donner aux fourneaux plus de puissance que n'en exige rigoureusement le service ordinaire de la machine; autrement, on serait arrêté ou au moins ralenti par la moindre perte de vapeur, la moindre diminution de force de la machine, par l'affaiblissement du tirage du fourneau dû à l'accumulation de la suie dans la cheminée, enfin, par toutes les causes qui augmentent pour quelque temps la consommation, ou qui diminuent la production de la vapeur.

On a proposé de construire des fourneaux qui fournissent exactement la quantité de vapeur nécessaire à chaque machine, sans pouvoir aller au-delà (1), dans le but d'éviter toute augmentation extraordinaire de pression, toute chance d'explosion, sans penser que cette augmentation de pression pouvait toujours se produire toutes les fois que l'on arrête momentanément la machine, et c'est alors surtout qu'elle se produit et qu'elle peut être la plus dangereuse. Il est très-rare, en effet, que la tension de la vapeur augmente beaucoup pendant que les machines travaillent. On ne saurait révoquer en doute que, pour un fabricant qui doit disposer ses outils de manière à ne perdre aucun temps indispensable, il est de la plus haute importance de pouvoir, au besoin, pousser plus vivement son feu, et de se ménager d'avance cette ressource. Les constructeurs de machines à vapeur savent, par expérience, qu'un des défauts dont les manufacturiers se

(1) *Christian*, tom. II, pag. 349.

plaignent le plus souvent, est de voir leurs machines se ralentir, s'affaiblir, parce que quand on ne nettoie pas souvent la cheminée, le fourneau n'est pas capable de continuer à fournir assez de vapeur, même au prix d'une plus grande consommation de combustible, jusqu'au moment où l'on peut opérer le nettoyage, ou le raccommodage de la machine, sans inconvénient pour le travail des ateliers. Nous indiquerons plus loin les dérangemens de la machine ou du fourneau, dont on ne doit jamais ajourner la réparation. On doit même ajouter à cela que beaucoup de machines ne peuvent pas prendre toute leur vitesse, ni enlever toute leur charge, parce que leurs fourneaux n'ont pas assez de puissance.

17. *Ouverture de la cheminée et des carneaux.* Pour satisfaire à ces deux premières conditions, c'est-à-dire de brûler complètement et sans fumée une quantité suffisante de combustible, il faut donner aux carneaux et à la cheminée une ouverture déterminée par l'expérience. Celle qui est adoptée généralement n'est pas assez grande pour opérer complètement la combustion du combustible dont on charge le fourneau; il se produit alors une épaisse fumée, qui cause une perte constante de charbon. En donnant une largeur plus grande à la cheminée et aux carneaux, on obtient une combustion complète, c'est-à-dire, sans fumée, et dans laquelle tout le charbon est converti en acide carbonique sans production d'oxide de carbone ou d'hydrogène carboné, ce qui est la condition la plus avantageuse pour le plus grand effet utile des fourneaux.

Le Bulletin de la société de Mulhouse adopte 25 décimètres carrés pour la section de la cheminée et des carneaux qui doivent brûler 510^k de houille par heure, soit 60^k par 10 décim. carrés. M. Pécelet augmente un peu cette section, et la porte à 27 décim. carrés pour la même quantité de combustible, ou 55^k pour 10 décim. carrés.

Les expériences de M. d'Arcet et l'analyse répétée des gaz pris dans les cheminées d'un grand nombre de fourneaux lui ont prouvé que les cheminées construites d'après ces résultats sont beaucoup trop étroites. Voici les dimensions qui lui ont donné les résultats les plus avantageux, après de nombreux essais.

Pour brûler complètement et sans fumée de 30 à 36^k de houille ordinaire en une heure, avec une cheminée de 8^m à 10^m de hauteur, les carneaux et la cheminée doivent avoir 10 décim., ou un pied carré de surface. A peu près la moitié de l'air s'échappe sans être brûlé; mais il n'y a pas d'avantage à pousser cette combustion plus loin. On a souvent cherché à compléter la combustion de la houille par l'introduction de l'air froid ou chaud, dans les conduits de fumée, immédiatement au-dessus du foyer; en donnant à la cheminée une largeur capable de fournir toute la quantité d'air dont la houille a besoin pour son entière combustion, on obtient des fourneaux plus simples, et qui cependant ne donnent aucune trace de fumée, excepté au moment où on les ouvre pour y introduire de la houille, parce qu'alors une partie de l'air pénétrant par la porte sans traverser la grille, il n'en passe plus

une assez grande quantité à travers la houille, qui n'est plus brûlée complètement. Pour réussir dans la construction des fourneaux à vapeur, il suffit de donner à leurs diverses parties les proportions suivantes :

1° A la cheminée autant de fois 10 décimètres carrés de section, qu'elle devra brûler de fois 30 ou 36^k de houille par heure ;

2° A tous les carnaux exactement la même section qu'à la cheminée.

18. *Surface des grilles.* La grille aura trois fois plus de surface que la cheminée. On se rappellera , en outre , que la quantité de combustible brûlé en un temps donné dépend de la section de la cheminée, et que l'activité de la combustion dépend de la surface de la grille; il est évident que le volume d'air qui passe, étant déterminé par la section de la cheminée, et toujours le même à peu près , à cheminée égale, aura une vitesse moins grande , et par conséquent donnera lieu à une combustion moins active sur une large grille que sur une petite. D'où il suit qu'en diminuant la grille d'un fourneau, on augmente l'activité de la combustion, sans changer la quantité de combustible brûlée en une heure. Nous entrerons dans de plus grands détails à ce sujet, en décrivant la construction d'un fourneau.

19. *Excès de pouvoir des grands foyers.* Avant d'appliquer ces principes à quelques exemples, nous ferons observer qu'ils ne sont rigoureux que pour la construction des foyers d'une dimension moyenne. Il parait constant , d'après des expériences répétées, que, quand la section des cheminées, qui ont plus de 10 ou 12^m

de hauteur, devient très-large et atteint 80 décimètres ou un mètre carré, et que les foyers y sont proportionnés, et travaillent à pleine charge, la puissance de ces cheminées augmente dans un rapport beaucoup plus grand que leur section; de sorte que la moyenne de la quantité de houille brûlée par chaque décimètre carré de section de la cheminée, dans de grandes cheminées, s'élève beaucoup au-dessus des résultats que nous donnons ici; et au lieu de 3^k à 3^k 5 par chaque décimètre carré, elle peut monter à 6 et 8^k. Il en est de même dans les cheminées des fours à réverbère, sans doute à cause de la haute température de l'air qui s'échappe: toutefois, dans les dimensions les plus ordinaires des chaudières à vapeur et de tous les fourneaux d'évaporation, de calorifères, etc., etc., on peut compter que, pour brûler complètement 30 ou 36^k de houille par heure, et leur faire développer leur plus grand effet utile, il ne faut pas donner à la cheminée moins de 10 décimètres carrés, ou un pied carré.

Nous allons présenter quelques exemples de constructions de fourneaux à vapeur. Il nous sera facile de développer ainsi successivement les principes, d'entrer dans les détails de leur application aux principaux cas qui se présentent, et d'en rendre l'intelligence et l'usage faciles et sûrs.

20. *Fourneau d'une chaudière de fonte à bouilleurs.*
Nous prendrons, pour premier exemple, une chaudière en fonte (*Pl. 1^{re}, fig. 1^{re}, 2 et 3*), avec des bouilleurs capables d'alimenter une machine à vapeur de Woolf de 8 chevaux, parce que ce sont les four-

neaux les plus compliqués, et les plus difficiles à disposer avantageusement.

Une machine de 8 chevaux, système de Woolf, consomme, quand elle travaille à pleine charge, de 5^k à 3^k 50 de houille par cheval à l'heure, suivant la qualité des houilles, ou 24^k pour les 8 chevaux. Nous croyons prudent de porter jusqu'à 40^k la quantité que le fourneau pourra brûler, d'autant plus qu'une portion de cette vapeur peut être appliquée à d'autres usages, comme chauffage d'ateliers, etc. Pour brûler 40^k de houille à l'heure, la cheminée et les carnaux auront 13 décimètres carrés, ou 1 pied $\frac{1}{3}$ de surface; pour 60^k, ils auront 20 décimètres ou 2 pieds carrés. Nous avons donné à la cheminée dont nous parlons 0^m,44 sur 0^m,32 (12 pouces sur 16). Quant aux carnaux (*E*, *G*, *H*, *J*, *K*, *L*), leur forme doit se conformer à celle de la chaudière, autour de laquelle ils circulent; mais, dans tous les cas, il faut leur donner à tous la même ouverture, c'est-à-dire 13 décimètres, ou 1 pied $\frac{1}{3}$ carré. C'est une des conditions les plus importantes pour obtenir de bons fourneaux. Ainsi, sous les bouilleurs où le conduit *L* a 0^m,75 (2 p. 4^e) de largeur, il n'aura que 0^m,18 (7^e) de hauteur moyenne; entre les deux bouilleurs et la chaudière *M*; où on ne peut lui donner que 0^m,42 (15^e 6 lignes) de hauteur, il aura 0,32 (1 pied) de largeur, ce qui présente toujours un passage de 13 décimètres $\frac{1}{2}$, ou 1 pied $\frac{1}{3}$ carré. En un mot, il faut éviter avec le plus grand soin tout rétrécissement et tout élargissement dans les carnaux; car il en est des conduits de fumée comme des condui-

tes d'eau , où chaque changement de diamètre diminue sans aucun avantage la vitesse du courant , et la quantité d'eau ou d'air qui passe.

21. *Inconvéniens des carneaux trop longs.* Il résulte de là que toutes les cloisons que l'on a l'habitude de placer dans les fourneaux , soi-disant pour retenir la chaleur , ou la forcer de passer dans les chaudières , ne sont que des moyens certains d'avoir un mauvais tirage , un feu lent , et une grande consommation de combustible , pour un petit effet utile. Les manufacturiers qui construisent des fourneaux , doivent être bien convaincus que le seul moyen d'obtenir un emploi avantageux du combustible , est d'avoir un fort tirage et une combustion vive ; tout ce qui concourt à ce but est utile ; tout ce qui lui nuit , comme les cloisons , la circulation trop longue et trop compliquée autour des chaudières , donne immédiatement une perte ; et il vaudrait mieux laisser la fumée passer directement du foyer dans la cheminée , sans circuler autour de la chaudière , que de la faire séjourner trop long-temps dans des conduits étranglés ; car , malgré la perte de chaleur qui en résulte , on tire encore un parti plus avantageux du combustible. L'expérience a prouvé que , pour obtenir la vivacité de feu nécessaire à la production de la vapeur , surtout à haute pression , l'air doit avoir encore 5 à 600° de chaleur en arrivant au bas de la cheminée , quand on le refroidit assez pour qu'il n'ait plus que 300° , le tirage et la combustion se ralentissent , la chaleur du feu est moins forte , et un poids déterminé de charbon fournit moins de vapeur que quand le tirage et la

combustion sont plus actifs. En effet, plus le feu est vif, plus il donne de chaleur; plus il y a de différence entre la chaleur du feu et celle de l'eau que renferme la chaudière, et plus est grande la quantité de chaleur qui passe à travers la fonte, et la production de vapeur.

Nous ajouterons, pour les personnes qui croiraient produire encore une quantité notable de vapeur, en faisant circuler la fumée une seconde fois autour de la chaudière, que l'effet des carneaux sur les parties latérales de la chaudière est très-faible en proportion de l'effet du feu direct, et que quand cette fumée a atteint 500°, il devient presque nul. En premier lieu, $\frac{1}{3}$ environ de la chaleur totale que dégage le combustible, et par conséquent $\frac{1}{3}$ de l'effet qu'il produit, est dispersé dans le foyer par le rayonnement, et il n'en parvient aucune partie dans les carneaux. En second lieu, la différence de température qui existe entre le feu et la vapeur, surtout celle produite à haute pression, est au moins six fois plus grande que la différence de température entre la fumée à 500°, et cette même vapeur; et par conséquent cette fumée, qui agit en outre sur une surface latérale, tandis que le feu direct agit sur une surface horizontale placée au-dessus de lui, ne peut produire presque aucun résultat. En un mot, la longueur des conduits latéraux est non-seulement inutile, mais nuisible, comme ralentissant le tirage. On trouvera dans l'appendice un développement de cette vérité. (*Voy. note 1^{re}.*) Pour prouver complètement cette assertion, nous citerons l'exemple suivant.

Le propriétaire de l'une des plus belles raffineries de sel des environs de Liège nous a montré deux fourneaux construits sous deux chaudières d'évaporation de 7 à 8 mètres de côté (20 à 25 pieds) : le foyer de l'un des fourneaux était placé sous une partie de la chaudière, et la fumée circulait ensuite dans de larges conduits qui la promenaient sous toute sa surface. Dans l'autre fourneau, le foyer était au milieu de la chaudière, et chauffait directement tout le fond, sans cloison ni conduit; la fumée passait ainsi dans la cheminée sans aucune circulation. Eh bien! quoiqu'une chaudière aussi large que longue soit très-peu favorable à l'action du feu, qui n'exerce toute son action que dans le sens du courant, et très-difficilement de côté, ce fourneau produisait au moins autant d'effet que l'autre, et chaque kilogramme de houille y donnait autant de vapeur.

22. *Dimensions de la grille.* Pour brûler dans le fourneau dont nous parlons 40^k de bonne houille à l'heure, on donnera donc, comme nous l'avons dit, à la cheminée et aux carnaux que traverse la fumée, 13 décimètres $\frac{1}{2}$ carrés, ou 1 pied $\frac{1}{3}$ de surface, sans rétrécissement ni élargissement. La surface de la grille *N* (*Pl. I^{re}, fig. 1, 2, 3.*) sera égale à trois fois celle de la cheminée. Cette proportion donne un tirage très-vif. C'est la plus convenable pour la production de la vapeur dans les chaudières de fonte, de tôle ou de cuivre. Soient 40 décimètres carrés ou 5 décimètres de largeur, sur 8 de longueur. Nous sommes persuadés que les dimensions données aux grilles par le comité de la

société de Mulhouse, par MM. Tredgold et Péclet, sont trop fortes pour avoir un tirage aussi vif que le réclame la production de la vapeur. On se trompe en même temps gravement en pensant que la quantité de houille brûlée puisse être dans un rapport quelconque avec la surface de la grille; car, dans un fourneau bien construit, on peut réduire de $\frac{1}{4}$ ou de $\frac{1}{2}$ la surface de cette grille, sans réduire la consommation de houille. Les dimensions de la grille n'influent que sur le tirage, et il est facile de s'assurer que la consommation de la houille ne leur est point proportionnelle, puisque les fours à réverbère employés au travail des métaux, ont des grilles plus petites que beaucoup de fourneaux d'évaporation, et brûlent cependant cinq à six fois plus de houille dans le même temps. Si l'on voulait avoir un tirage plus doux, il faudrait rendre la grille plus large, et sous une chaudière de plomb, lui donner jusqu'à six et huit fois la surface de la cheminée. Pour augmenter au contraire l'activité de la combustion, on diminue les grilles : aussi, dans les fourneaux où l'on veut brûler du coke ou de l'anthracite, on doit les établir très-petites. C'est ce que l'on a soin de faire pour tous les fourneaux à vent destinés à fondre des métaux dans des creusets; pour les fours à émaux, etc., elles y sont souvent beaucoup plus petites que la cheminée.

Un seul avantage est attaché aux grandes grilles; celui de pouvoir être couvertes à la fois d'une quantité de combustible plus grande, et de ne pas exiger une ouverture de porte aussi fréquente. Mais cet avantage n'est pas sans compensation : quand on charge rare-

ment le feu, on y introduit à la fois une grande quantité de houille qui le refroidit, ralentit la combustion, et donne de la fumée. Il faut alors laisser la porte ouverte plus long-temps à chaque charge, et en somme, avec un chauffeur adroit et actif, nous croyons que l'on ne perd pas plus de chaleur en ouvrant la porte plus souvent et moins long-temps, et qu'au contraire la température du feu est beaucoup plus égale et la combustion plus régulière, et surtout plus active, parce que la grille est plus petite. Ainsi, nous avons reconnu que pour la grille la proportion de trois fois la surface de la cheminée donne un tirage vif et parfaitement convenable à la production de la vapeur.

23. *Des barreaux de grille.* Quant à l'espace libre à laisser entre les barreaux, il dépend principalement de la qualité de la houille : si celle que l'on emploie est grasse et très-collante, il n'y a pas d'inconvénient à laisser cet espace assez large, soit de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$ de la surface de la grille, sans crainte de voir tomber la houille dans le cendrier ; si au contraire la houille est maigre, et qu'elle se réduise facilement en poussière, il faut diminuer les intervalles et les réduire de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$ de la surface totale. Cela n'influe que très-peu sur le tirage. On conçoit cependant que plus l'espace libre est petit, plus il est nécessaire de tenir la grille propre, pour ne pas y laisser accumuler les crasses qui l'obstrueraient rapidement.

Il est toujours utile de passer à la claie les crasses des fourneaux, afin d'en retirer la menue houille qui a pu échapper à la combustion.

Si les barreaux sont en fonte, on les coulera en coin par-dessous (*Fig. 2, N*) : l'arrivée de l'air et le dégagement des cendres et crasses en est plus facile. Il faut bien se garder de donner aux barreaux une forme contraire, c'est-à-dire de les faire en coin par le haut, ou quand on emploie des barreaux carrés, de les poser sur l'angle, car ils s'engorgeraient très-rapidement par l'accumulation des cendres et des crasses, dans le fond de ces entonnoirs. Si les barreaux sont en fer, il est complètement inutile de leur donner à la forge une forme conique, il faut les employer carrés, tels qu'on les achète (*Pl. 2, fig. 1 et 5*), et s'ils ont plus de 0^m,50 de portée (18°), on les soutient au milieu sur un barreau (*a*) placé en travers (*Fig. 5*). On leur laisse toujours plus de longueur que n'en a la grille, et ils reposent, d'un côté sur une petite marche (*b*) (*Fig. 2 et 3*) réservée dans la maçonnerie, et de l'autre sur la voûte (*c*) du cendrier posés à côté les uns des autres, et entièrement libres. Il est alors très-facile de nettoyer la grille, ou au besoin, de jeter à bas le feu du fourneau, sans ouvrir la porte, en retirant les barreaux par le dehors. Cette manière de faire tomber le feu sans ouvrir la porte des fourneaux, est souvent très-utile avec les chaudières à bouilleurs de fonte, lorsqu'il arrive un accident imprévu à la machine; car, en ôtant brusquement le feu par la porte, il est difficile que l'air froid qui frappe tout-à-coup les tubes fortement chauffés, ne les fasse pas casser : tandis qu'avec des barreaux de fer mobiles et saillans, comme nous les traçons ici, on peut fermer le cendrier et y

laisser tomber le feu sans inconvénient. Dans tous les cas, les extrémités des barreaux doivent être libres, afin qu'ils puissent s'allonger par la chaleur sans se courber, ce qui arrive infailliblement à ceux qui sont retenus des deux bouts.

24. *Du Cendrier.* Le cendrier *O* doit être large et profond : son ouverture entièrement libre, afin que l'air y circule avec facilité. On n'y doit jamais laisser accumuler les cendres ; car elles rougissent bientôt, échauffent l'air, qui, étant dilaté, rend la combustion moins vive, et de plus rougit et brûle les barreaux. C'est le défaut d'un très-grand nombre de fourneaux, où les barreaux se brûlent et se déforment en peu de jours, parce que les cendriers sont trop petits. Quand on construit un fourneau dont la grille est étroite et n'a, par exemple, que 0^m,20 de largeur, il est, par la même raison, utile de donner au cendrier plus de largeur qu'à la grille. Lorsque l'on a soin de construire un cendrier profond, de le tenir toujours vide, et de nettoyer souvent la grille, on peut, sans inconvénient, employer à volonté des barreaux de fonte ou de fer, et se dispenser de conduire un courant d'eau dans le cendrier, comme la société de Mulhouse l'a proposé avec raison pour ceux qui sont trop petits. Avec les précautions que nous indiquons, cette méthode ne nous paraît pas nécessaire.

Il n'est pas inutile en construisant le fourneau d'une chaudière à bouilleurs de fonte, d'établir, devant le cendrier une porte en tôle ou en fonte ; mais son ouverture doit être égale à celle du cendrier pour ne gêner en rien le tirage, et on la laisse ouverte entiè-

rement pendant le travail du fourneau. Derrière la grille, la maçonnerie forme une marche (*d*) que l'on nomme l'*autel*; elle sert à retenir la houille et les cendres sur la grille, et les empêche de passer dans le conduit de la fumée et de l'obstruer.

25. *Élévation de la chaudière au-dessus de la grille.* La chaudière doit être placée à une petite distance de la grille; l'action du feu en est plus vive; le seul espace nécessaire est celui que réclame le service de la houille, afin de pouvoir charger le fourneau facilement sans toucher aux tubes ou à la chaudière. Dans les machines de 16 chevaux et au-dessous, la grille doit se trouver à 0^m,300 ou 0^m,325 (11° à 1 pied) de la chaudière. Dans les chaudières plus fortes, où la quantité de houille à brûler est beaucoup plus grande, comme dans les machines de 30 à 40 chevaux, etc., il ne faut jamais laisser plus de 40 à 45 centimètres (15 à 17°) d'intervalle : c'est une condition importante pour obtenir un grand effet du combustible, et toutes les fois qu'on éloignera une chaudière du feu, on diminuera considérablement sa puissance.

26. *Foyer à alimentation continue.* La nécessité d'ouvrir la porte du fourneau, pour renouveler la houille, entraîne des pertes de chaleur importante, et présente le grave inconvénient de n'avoir jamais une grille également chargée. Cette observation a conduit quelques mécaniciens à employer des grilles circulaires tournantes, portées sur un axe vertical en fonte et auxquelles la machine elle-même communique le mouvement au moyen d'engrenages. Au-dessus de ces grilles se trouve un appareil com-

posé d'une trémie et de deux cylindres cannelés destinés à écraser la houille et à la verser constamment et régulièrement sur la grille. Au lieu de grilles tournantes qui ont présenté de grands défauts, on a employé des grilles fixes sur lesquelles un moulinet à quatre ailettes, projette et disperse la houille, fournie par une noix en fonte placée au fond d'une trémie que l'on entretient toujours pleine. On a obtenu, par ce moyen, une grande régularité de combustion et une économie de combustible de 22 à 25 pour %. Mais cet appareil exige une force assez grande, de fréquentes réparations, et ne permet pas de conduire facilement le feu suivant la marche souvent variable des machines. Il faut, en effet, régler la quantité de houille fournie par les cylindres cannelés en les rapprochant ou les écartant l'un de l'autre; de sorte que dans ces changemens il arrive souvent que la grille s'engorge et le foyer se remplit totalement de houille, lorsque le fourneau en brûle moins qu'on ne lui en fournit, et qu'au contraire la grille se dégarnit entièrement, quand le fourneau brûle plus que l'appareil ne donne. En un mot, c'est un appareil très-difficile à régler et à conduire, et qui présente à notre avis plus d'inconvéniens que d'avantages. Une grande partie des fabricans qui l'avaient adopté y ont renoncé.

27. Il en est de même de beaucoup de procédés trouvés par les plus habiles mécaniciens, ingénieusement combinés, exécutés avec plein succès, mais d'un emploi difficile. Or, ce défaut des procédés nouveaux qui affecte gravement les manufacturiers, ne peut frapper aussi vivement le mécanicien qui les établit, parce qu'a-

près les avoir montés, il les essaie lui-même avec tous les soins possibles et une surveillance particulière; enfin il en assure le succès; mais dès qu'ils sont confiés à des ouvriers moins habiles, moins soigneux, ou au moins distraits par d'autres travaux, alors ils présentent des difficultés si grandes, si continuelles, demandent de si fréquentes réparations, que l'on y renonce complètement. En un mot, la première condition du succès de tout procédé et de tout outil destiné aux arts, et par conséquent mis dans les mains des ouvriers, c'est une grande simplicité et un emploi facile et régulier; et quand il donnerait de très-grands résultats dans des mains habiles, s'il est délicat à conduire, ce n'est pas un procédé manufacturier. Il en est de même des registres de cheminées mus par le régulateur de la machine; ils sont peu utiles parce qu'on atteint sans peine un résultat semblable en exigeant un peu de soin de la part du chauffeur dont la présence auprès de la machine est toujours nécessaire, et dont la surveillance continuelle doit être sans cesse excitée et réveillée. Nous reviendrons sur ce sujet, en parlant des moyens de régler l'alimentation des chaudières et la production de la vapeur.

28. Lorsque le fourneau est établi sur de bonnes proportions et que le tirage y est vif, il n'est pas nécessaire de construire le foyer en briques réfractaires; des briques d'une qualité ordinaire résisteront fort bien et ne seront que lentement attaquées. Les fourneaux qui se détruisent le plus promptement sont ceux où le feu dort et où la chaleur peut se porter en grande par-

tie sur les parois latérales par l'absence du tirage.

29. *De la Cheminée.* La cheminée dont nous avons déjà donné les dimensions , doit avoir exactement la même section dans toute sa hauteur. Les élargissemens sont inutiles , et les rétrécissemens nuisent au tirage. Nous avons eu occasion d'observer que dans les cheminées coniques qui se rétrécissent par le haut , la quantité de houille brûlée correspond à peu près à celle que brûlerait le fourneau si la cheminée avait dans toute sa hauteur une ouverture égale à celle qu'elle porte à son sommet. C'est donc une dépense sans objet.

Une cheminée suffisamment large n'a pas besoin d'être portée à une grande hauteur. L'expérience nous a prouvé que l'on pouvait facilement obtenir le tirage le plus fort avec une cheminée de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds) , si la combustion est aussi vive qu'elle peut l'être. En Angleterre, où les cheminées de 33 à 40 mètres ont été adoptées , et d'où elles se sont répandues en France , elles ont pour objet spécial de porter la fumée des fourneaux au-dessus de l'atmosphère de brouillards qui couvre souvent les villes. La hauteur de la cheminée doit donc être déterminée uniquement par les dispositions locales ; l'économie indispensable dans les constructions manufacturières , quand elle ne nuit en rien à la qualité du travail , exige qu'on leur donne le moins de hauteur possible ; et dans presque tous les établissemens où l'on a construit des cheminées qui coûtent 3, 4 et 6000 fr. , une cheminée de 100 à 300 fr. aurait aussi bien atteint le but que l'on se proposait.

30. Admettons encore , comme nous sommes en effet portés à le croire , qu'une cheminée très-haute brûle, à ouverture égale, un peu plus de houille qu'une petite cheminée; il est toujours beaucoup moins coûteux d'augmenter d'une faible quantité l'ouverture de la cheminée que sa hauteur et le tirage augmentent dans un bien plus grand rapport. (Voyez note 2 de l'appendice.) Nous le répétons , avec une cheminée de 4 à 5 mètres de hauteur au-dessus du foyer et de 10 décimètres carrés ou 1 pied de surface, on peut produire un très-fort tirage et brûler complètement 30 à 56^k de houille par heure; et ces cheminées auxquelles il suffit de donner 2 décimètres d'épaisseur ou 8° en bas et 1 décimètre ou 4° en haut n'exigent qu'une très-faible dépense.

31. *Des Cheminées communes à plusieurs fourneaux.*
Si l'on veut placer plusieurs fourneaux sur la même cheminée, il faut lui donner une ouverture égale ensemble à toutes les ouvertures des conduits de fumée des divers fourneaux. Si, par exemple, on y établit quatre fourneaux dont l'un soit destiné à brûler 15^k à l'heure, l'autre 25^k, le troisième 10, et le quatrième 40, la cheminée doit fournir de l'air à la combustion de 90^k de houille par heure, qui, à raison de 10 décimètres carrés par 30^k, font 30 décimètres ou 5 pieds carrés. Les carneaux du premier fourneau auront 5 décimètres carrés; ceux du second 8 $\frac{1}{2}$; ceux du troisième 3 $\frac{1}{2}$ et ceux du quatrième 13, en tout 30 décimètres carrés. Il faut aussi avoir soin de ne pas faire entrer les conduits horizontalement dans la che-

minée. Ils doivent se relever avant d'y pénétrer, afin que la fumée de l'un ne vienne pas interrompre le courant des autres.

52. *Forme des cheminées.* Quant à la forme des cheminées, nous n'avons trouvé aucune différence de tirage, entre les cheminées carrées ou rondes, pourvu que les premières aient une section égale dans toute leur hauteur. Elles offrent l'avantage important d'être beaucoup plus faciles à construire et à placer dans la disposition des ateliers, enfin de coûter moins cher que les cheminées rondes. On ne doit jamais oublier de couronner aussi le haut des cheminées (*Pl. 2, fig. 5*), d'un chapeau de tôle *f*, qui laisse à la fumée un passage de 30 à 40 centimètres de hauteur (12 à 15°), et qui est destiné à la préserver du refroidissement et du ralentissement de tirage occasioné par la pluie.

53. *Registre de la cheminée.* Il faut enfin, pour compléter le système des fourneaux, établir au bas de la cheminée un registre de tôle ou de fonte, ajusté avec soin, qui sert à régler la marche du feu, et à fermer la cheminée quand on arrête la machine : lorsque l'on cesse entièrement le travail, même après l'extinction totale du feu, il est nécessaire de laisser le registre fermé, pour qu'il ne s'établisse pas dans le fourneau des courans d'air qui le refroidiraient inutilement et seraient dangereux pour les bouilleurs de fonte.

54. *Description du fourneau de la chaudière en fonte.* Nous avons dit, art. 20, que pour brûler les 40 de houille nécessaires à la chaudière de fonte d'une ma-

chine de 8 chevaux, il faut donner à la cheminée et aux carneaux une section de 13 décimètres $\frac{1}{2}$ carrés, ou 1 pied $\frac{1}{3}$. Elle a, dans les *fig.* 1 et 2, *pl.* 1^{re}, 0^m,52 sur 0^m,44 (1 pied sur 16°).

La fumée, au sortir du foyer, passe sous les bouilleurs dans un conduit *L* qui a 0,75, (*fig.* 1, 2 et 7), sur une hauteur moyenne de 0^m,18. Lorsque les localités exigent que la cheminée soit placée sur le devant du fourneau, la fumée remonte sur les bouilleurs, dans le carneau *M* formé par une cloison horizontale de briques *m*, qui ferme l'intervalle entre les bouilleurs et deux murs *n n* élevés sur les bouilleurs mêmes. Ce carneau a 0^m,52 sur 0^m,45 (12° sur 17° $\frac{1}{2}$); la fumée s'engage ensuite par l'ouverture *G*, *fig.* 1^{re}, dans le carneau de gauche *J*, passe dans le carneau de droite *K*, en circulant autour de la chaudière, revient sur le devant *H*, et se rend dans la cheminée *D*. Les dimensions de ces carneaux latéraux sont 0^m,20 sur une hauteur moyenne de 0^m,67, c'est-à-dire toujours 13 $\frac{1}{2}$ décimètres carrés, ou 1 pied $\frac{1}{3}$ carrés. Quand on peut placer la cheminée sur le derrière du fourneau, il vaut mieux ne former que deux carneaux autour de la chaudière et supprimer celui du milieu; la construction du fourneau est plus simple, et le tirage plus vif. On voit dans la *fig.* 8, la disposition que l'on doit alors donner aux carneaux. La fumée passe sous les bouilleurs dans le carneau *L*, revient sur celui de gauche *J*, et retourne dans la cheminée par celui de droite *K*. La grille *N* se trouve placée à 0^m 30 (11°) des bouilleurs; et le cendrier à 0^m,50

(18°) de largeur, sur 0^m,90 (2 pieds 9°) de profondeur. La chaudière est, comme on le voit, portée sur huit supports de fonte *SS*, *fig. 2*. Ces supports doivent reposer sur des dez de pierre de taille *p* solidement fixés dans la maçonnerie de briques, et que l'on laisse prendre du tassement avant d'ajuster les bouilleurs à la chaudière. La plaque de fonte *e* sur laquelle est soutenue la tête des bouilleurs ne doit pas être engagée sous les pieds droits de la voûte, car alors on ne pourrait l'enlever sans démolir cette voûte.

35. Si la chaudière porte trois bouilleurs en tôle ou en cuivre (*Pl. 1^{re}, fig. 6*), il faut laisser toute leur surface inférieure exposée au feu direct; pour cela, on ferme avec des briques *m m* l'intervalle qui les sépare; on élève un mur *n* sur le bouilleur du milieu. La fumée est obligée, après avoir circulé sous les bouilleurs en *L*, de passer successivement dans les deux carneaux latéraux *f* et *k*. Quoique la forme de ces carneaux soit assez irrégulière, à cause de l'irrégularité des contours des bouilleurs et de la chaudière, il faut encore leur donner une section égale, leur faire suivre ces contours, et prendre à peu près leur forme, comme l'indique la ligne ponctuée *aa*, *fig. 6*, pour conserver toujours le même passage libre. Nous conseillons même, si une chaudière en cuivre ou en tôle avec bouilleurs est d'un petit diamètre, et qu'elle ait 3 mètres (9 pieds) de longueur, d'envelopper entièrement les bouilleurs et le dessous de la chaudière dans le feu direct, et de laisser passer la fumée dans la cheminée, sans la conduire dans des

accumuler une grande épaisseur de bois , sinon , l'air le traverserait sans être suffisamment brûlé. La cheminée et les conduits doivent être aussi deux fois plus larges que pour la houille à surface de chaudière égale, parce qu'il faut plus de deux fois autant de bois sec que de houille pour produire une même quantité de vapeur. Ainsi, la chaudière cylindrique *C*, *fig.* 1^{re} et 2, (*Pl.* 2, 1^{re} *fig.*) et 2, qui présente 5 mètres carrés de surface au feu, et qui peut , par conséquent, produire de 125 à 150^h de vapeur à l'heure , et consommer 25 à 30^h de houille , demanderait pour brûler de la houille une cheminée de 12 décimètres au plus. Pour brûler du bois, on lui en donnera 24 ou 25. Le foyer doit avoir 0^m,70 de profondeur , et une capacité de 800 à 900 décimètres cubes (25 à 27 pieds cubes). La grille se trouvera par conséquent beaucoup plus éloignée de la chaudière , que pour brûler de la houille ; et en effet le bois chauffe mal les chaudières , quand il n'a pas assez de place pour développer librement sa flamme. Le feu enveloppant directement la moitié de la surface de la chaudière , il est inutile de l'entourer d'un carneau ; on s'exposerait , comme nous l'avons dit , à brûler la chaudière , dès que le niveau de l'eau viendrait à baisser.

58. Il nous reste seulement à ajouter , pour compléter les notions générales nécessaires à la construction des fourneaux destinés au service des machines à vapeur , que l'on doit avoir soin de les placer à 0^m,60 (22 pouces), au moins au-dessous du niveau inférieur des cylindres , parce que l'eau condensée

dans la chemise retourne facilement dans la chaudière, et la vapeur produite par les bouillonnemens subits a moins de facilité à entraîner de l'eau chargée de dépôts, jusque dans les cylindres. Il est bon aussi d'enterrer ces fourneaux; ils occupent moins de place, conservent mieux leur chaleur, et, s'il arrivait un accident, les résultats en seraient certainement moins graves. En même temps, on évite ainsi l'obligation de leur donner des parois très-épaisses, et de les charger de ferrures, puisqu'ils sont maintenus par la terre qui les enveloppe; car les fourneaux construits autour des chaudières de fonte ou de tôle se fendent toujours par suite de l'action de la chaleur et de la dilatation du métal, s'ils ne sont reliés avec des clés en fer, ou pris entre deux murs.

39. Nous ne saurions recommander trop positivement aux manufacturiers qui font construire des fourneaux, de surveiller les ouvriers chargés de ce travail; en premier lieu, parce que ordinairement ils n'attachent aucune importance aux dimensions des carneaux, et que l'on s'exposerait souvent, après la construction du fourneau, à le voir manqué et privé d'un tirage vif, sans en connaître la raison; en second lieu, parce que si les cloisons que l'on y construit ne sont pas solidement établies, elles peuvent tomber, changer ainsi le cours de la flamme et de la fumée, la porter quelquefois directement sur le corps de la chaudière de fonte, et la briser: c'est presque la seule cause de rupture des chaudières de fonte à bouilleurs. On s'aperçoit alors d'un changement considé-

nable dans le tirage du fourneau : car si la cloison démolie a obstrué un des carneaux , le tirage est gêné ; et si la chaudière est déjà fendue , une grande partie de la chaleur du feu est employée à vaporiser l'eau qui s'écoule , et il devient impossible de faire monter la vapeur à sa tension nécessaire. Ce dernier signe est tellement important , que dès qu'on voit la vapeur monter difficilement , il faut arrêter la machine , parce que inévitablement la chaudière et le bouilleur sont brisés , ou ils sont si engorgés de dépôts , qu'ils exigent un nettoyage immédiat.

Lorsque la chaudière et le fourneau sont ainsi montés , on mastique les plateaux des bouilleurs , et l'on s'assure qu'ils ne laissent pas échapper d'eau. Le chauffeur s'exposerait , en effet , à un grand danger , s'il voulait serrer les écrous de ces plateaux sur le mastic sec , pendant que la machine travaille ; il pourrait briser les boulons , voir le plateau arraché par la pression de la vapeur et périr lui-même , brûlé par l'eau bouillante et la vapeur ; c'est un accident dont on a déjà des exemples.

40. *Nettoyage des chaudières , et moyens d'empêcher les dépôts de s'y attacher.* On remplit alors la chaudière jusqu'aux trois cinquièmes environ de sa hauteur , et avant de mastiquer le trou d'homme , on y jette deux ou trois décalitres de pommes de terre (un boisseau) , en ayant soin d'en faire tomber une partie dans chaque bouilleur. La pâte qu'elles forment dans l'eau bouillante enveloppe les dépôts terreux que l'eau abandonne en se réduisant en vapeur , et les

empêche de s'attacher au fond de la chaudière. Il suffit alors pour nettoyer celle-ci, d'enlever les plateaux des deux bouilleurs, de vider l'eau sale, de la laver, et de détacher, avec un ciseau ou un grattoir de fer, la petite quantité de dépôt qui s'est attaché au métal. Avec les chaudières de fonte, ce nettoyage doit être fait tous les trois mois environ, ou plus fréquemment quand les eaux que l'on emploie laissent à l'évaporation une grande quantité de dépôt. Avec des bouilleurs de tôle ou de cuivre, il faut renouveler cette opération une fois par mois ou au moins après six semaines de travail, sans quoi on les brûlerait promptement. Au reste, l'expérience servira de guide à chaque fabricant, pour éviter de laisser la chaudière s'encrasser trop fortement. Les plateaux des bouilleurs portent souvent deux vis, pour laisser écouler l'eau de la chaudière, comme par un robinet; mais cette précaution ne présente pas une grande utilité, puisqu'il faut ensuite détacher le plateau, et qu'en le desserrant lentement, on maîtrise facilement l'écoulement de l'eau bouillante.

On peut aussi nettoyer les bouilleurs sans ouvrir le trou d'homme; il suffit d'enlever les soupapes de sûreté, pour laisser entrer l'air dans la chaudière, ouvrir les deux bouilleurs, les nettoyer et laver, les refermer et remplir la chaudière d'eau au moyen d'un robinet placé sur l'ouverture de ces mêmes soupapes.

Bien des manufacturiers ont pensé que les pommes de terre ne préservaient pas les chaudières de la couche de dépôt qui peut s'y former; mais s'ils n'ont

pas réussi par ce procédé, c'est qu'ils en avaient employé une trop petite quantité: on doit, en effet, augmenter cette quantité, si les eaux employées donnent un dépôt considérable, et même en jeter de temps en temps une nouvelle quantité dans la chaudière: leur action est ainsi beaucoup plus sûre. Alors il ne s'attache aux parois des chaudières qu'une couche terreuse infiniment faible; la presque totalité du dépôt reste en suspension dans l'eau, ou s'amasse, sous forme de pâte, dans les parties de la chaudière où l'eau ne bout pas. On a également conseillé de frotter intérieurement les chaudières avec de la graisse, pour les préserver du dépôt; mais il paraît que ce procédé, s'il a réellement quelque résultat, présente l'inconvénient de renvoyer tout le dépôt dans les bouilleurs.

On ne saurait trop recommander le nettoyage fréquent des chaudières et des tubes: le dépôt qui s'y forme est presque toujours la cause des accidens fréquens et coûteux qu'ils éprouvent; cette précaution facile suffit ordinairement pour les prévenir. Les matières terreuses qui s'amassent dans la chaudière et dans les tubes, épaississent l'eau, rendent son ébullition difficile; on est donc obligé de faire un feu très-violent, qui rougit les bouilleurs, et ne peut tarder à les brûler ou à les briser. Jusque-là, la machine devient lourde, parce que la chaudière ne fournit plus assez de vapeur, et, en outre, une grande quantité de terre salit à chaque instant les soupapes de sûreté, et est entraînée jusque dans les cylindres, et sur les pistons: de sorte qu'un nettoyage immédiat est aussi

important pour la machine que pour la chaudière elle-même.

Une chaudière de 10 chevaux qui produit en vingt-quatre heures 3,600^k de vapeur, donnerait par jour 600 grammes ou plus d'une livre de dépôt, en la supposant alimentée par de l'eau aussi pure que l'eau de la Seine. Après deux mois de travail, le dépôt serait donc de 50^k environ, et cette quantité est déjà dangereuse. Mais, la plupart du temps, l'eau que l'on emploie contient dix ou quinze fois plus de dépôt terreux que les eaux de la Seine, et quelquefois la couche de dépôt qui se forme en douze heures de travail, est parfaitement distincte des couches précédentes, comme cela a lieu, avec une partie des eaux de source de Liège.

DES COMBUSTIBLES.

41. *De la Houille.* Le plus important de tous les combustibles et le plus avantageux pour la production de la vapeur, est sans contredit la houille. Les fabricans ne sont pas toujours à portée de choisir la meilleure; cependant voici les qualités que l'on doit préférer.

La meilleure houille est d'abord celle qui donne le moins de cendres (1); elle doit être grasse et collante, pour ne pas se réduire en poussière et tomber à travers

(1) Il est facile de les essayer sous ce rapport, en brûlant, dans un fourneau, des quantités égales des diverses houilles à essayer, et pesant les cendres qu'elles laissent.

la grille du fourneau, sans cependant l'être assez pour ne former qu'une seule masse ; car alors toute la chaleur se concentre sous la croûte de houille fondue , la grille rougit , est promptement brûlée , et le feu agit moins vivement sur la chaudière. Lorsque l'on doit employer une houille de ce genre , il faut la mêler avec des houilles maigres et qui se délitent facilement , de manière à corriger les défauts de l'une par ceux de l'autre : on emploie le même mélange pour corriger les houilles maigres. Si l'on manque de houille très-grasse pour améliorer les charbons maigres , on peut les mouiller légèrement ; mais cette opération ne doit jamais être tentée sous une chaudière à bouilleurs de fonte ; le refroidissement subit du feu , ou le contact de la houille mouillée , les exposerait à se briser.

Il est par conséquent utile de conserver le magasin de la houille à l'abri de la pluie. Outre l'inconvénient de compromettre les bouilleurs , cette eau que l'on ajoute ralentit l'activité du feu , et diminue la force de la vapeur ; mais la perte la plus considérable qu'elle occasionne , est due à ce qu'une grande quantité de chaleur est employée , sans profit , à sécher la houille mouillée. Les houilles très-grasses et très-flambantes donnent aussi un coup de feu trop vif et de peu de durée. Ce sont des alternatives toujours dangereuses pour les chaudières , et contraires à la marche régulière des machines : en un mot , la houille la plus favorable à la production de la vapeur , est celle qui entretient un feu vif , flambant , mais égal et soutenu , et qui ne laisse que peu de cendres. Nous recomman-

dans, surtout lorsque la houille que l'on emploie est cassante, de faire passer à la claie toutes les cendres qui tombent de la grille, et de rejeter dans le fourneau la houille et le coke que l'on en retire en très-grande quantité. Au reste, les manufacturiers ne doivent pas négliger d'essayer, pendant un ou deux jours, les nouvelles parties de houille qu'ils viennent d'acheter, afin de les estimer d'après la quantité nécessaire pour faire travailler leur machine pendant cet espace de temps; et il est prudent de surveiller de près les chauffeurs pendant ces essais importants, parce qu'ils jugent souvent de la qualité des houilles, d'après le plus ou moins de générosité des marchands qui les livrent. On trouvera dans l'appendice une note sur la manière de mesurer la houille.

42. *Du Coke.* On peut également se servir de coke, ou de houille calcinée et épurée, pour chauffer les chaudières; mais alors il faut réduire la grille à une très-petite surface, $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ environ de la surface indiquée ci-dessus, sans rien changer à la section de la cheminée, et, en outre, allumer le feu avec de la houille ordinaire pour chauffer le fourneau et la chaudière, et faciliter ainsi la combustion du coke, qui ne se développerait que lentement si le foyer était complètement froid. Dans l'action du chauffage, le coke provenant de 100^k de houille, et qui, calciné en vase clos, pèse 70 à 75^k, représente à peu près les 100^k de houille.

43. *Du Bois.* Quant au bois, il ne faut l'employer que lorsqu'on manque d'autre combustible, et choisir

toujours celui qui est le plus sec et le plus lourd ; cependant, parmi ceux-ci le chêne n'est pas avantageux, parce qu'il ne donne que peu de flamme, ne brûle pas franchement, et qu'au contraire, en se réduisant en charbon, il fournit un brâsier considérable, qui rougit et brûle les grilles et les portes du fourneau, et en interdit l'approche. Le bois blanc fournit un feu qui se conduit plus facilement, bien qu'il soit assez dangereux pour les bouilleurs, parce qu'il est trop vif et trop court, et que la grille est trop promptement dégarnie ; aussi est-on obligé, comme nous l'avons dit, de donner au foyer beaucoup de profondeur, et de le remplir de combustible.

Au reste, la puissance calorifique du bois sec ou la quantité de chaleur qu'il donne est à peu près égale à la moitié de celle de la houille ; c'est-à-dire qu'il faut en brûler 20^k environ, pour produire autant d'effet qu'avec 40^k de houille ; et celle du bois qui n'a qu'un an de coupe, le plus ordinairement employé, est égale à un peu plus des deux cinquièmes de celle de la houille. Les bois qui donnent le plus de charbon sont aussi ceux qui donnent le plus de chaleur, en observant toutefois que cette chaleur du charbon qui ne jette pas de flamme, exigerait, pour être avantageusement employée, une autre disposition de foyer, et que l'on devrait alors la faire agir directement et verticalement sur la plus grande surface possible de chaudière, et rapprocher la grille de la chaudière plus que pour les bois flambans.

44. *De la Tourbe.* On peut aussi chauffer avec suc-

cès les chaudières à vapeur avec la tourbe comprimée, ou le même combustible carbonisé en vase clos. Ce charbon de tourbe s'allume et brûle facilement, et donne un feu très-égal et très-soutenu, dont l'activité est augmentée par la pression que l'on fait quelquefois subir à la tourbe avant de la carboniser.

On s'est également servi de tourbe telle qu'elle vient d'être extraite, pour le chauffage des chaudières; mais son feu exige une surveillance continuelle; il faut le retourner et le charger de nouveau combustible à chaque instant; car si l'on attendait pour cela qu'il fût entièrement embrasé, il tomberait tout à coup en cendres, et se trouverait presque tout-à-fait éteint. Ce feu marche beaucoup mieux en y mêlant environ 1/4 de bois blanc qui le soutient, et lui donne de la consistance et de la durée, tandis que la tourbe, de son côté, corrige le défaut que possède le bois blanc d'être trop flambant, et adoucit la vivacité de son coup de feu. Pour brûler la tourbe avec avantage, il faut construire les foyers très-profonds, comme pour l'emploi du bois. La puissance calorifique de la bonne tourbe est à peu près égale à celle du bois nouveau.

45. *De la Tannée.* M. A. Salleron, manufacturier à Paris, a tenté avec succès d'employer au chauffage des machines à vapeur la tannée seule. Pour cela, il faut la faire sécher préalablement, et alors elle donne un feu vif, flambant, mais qui demande à être alimenté plus souvent encore que celui de la tourbe: il faut, au reste, se bien garder de le retourner au ringard, parce qu'il tomberait à travers la grille; mais en le chargeant tou-

jours sans y toucher, il se soutient assez bien. Le plus grand inconvénient de ce chauffage, qui est très-économique et qui présente un débouché nouveau, un produit jusqu'à présent peu employé, et ne revient à Paris, tout séché, qu'à 10 fr. les 1000^k, est d'exiger un emplacement considérable, par la nécessité de dessécher complètement, l'été, toute la tannée nécessaire au travail de l'année : aussi serait-il difficile de l'employer exclusivement au chauffage d'une machine. La tannée seule donne moins de chaleur que le bois; 125^k d'écorce de chêne fournissent, après le travail des fosses, environ 100^c de tannée, qui équivalent, pour produire de la vapeur, à environ 65^c de bois sec, ou 27 à 30^c de houille.

46. *Du pouvoir calorifique des principaux combustibles.* Voici les quantités de vapeur que peut donner un kilog. de chacun des combustibles dont nous avons parlé, dans un fourneau bien construit, et sous une chaudière de tôle :

Houille grasse, 5, 6, et 7^c de vapeur, suivant la forme et la disposition de la chaudière, et la pression à laquelle elle travaille; on a même obtenu 8, mais rarement;

Houille très-cassante, en très-petits morceaux, 5^k à 5^k $\frac{1}{2}$;

Coke, 7 $\frac{1}{2}$ à 8;

Bois de pin sec, 5^c;

Bois de chêne, 3^k $\frac{1}{2}$;

Bois nouveau, 2^k $\frac{1}{2}$;

Charbon de bois, 6 à 7;

Tourbe compacte comprimée à 8 %, de cendres ,
2 $\frac{1}{2}$ à 5 ,

Beaucoup de tourbes ne donnent que 1 $\frac{1}{2}$ à 2 de
vapeur,

Tourbe en charbon , de 3 à 4 , suivant la qualité;
Tannée sèche , 2^k.

ACCIDENS QUI ARRIVENT AUX CHAUDIÈRES.

47. *Du raccommodage des bouilleurs cassés.* Après avoir parlé des principales qualités et des effets des combustibles , nous devrions donner quelques détails sur la manière de les employer , et par conséquent sur les précautions à prendre dans la conduite du feu et des chaudières. Mais cet objet important se trouvera plus naturellement placé dans la troisième partie à l'article relatif à la conduite des machines , et nous l'y rejeterons tout entier. Cependant , quelles que soient les précautions prises dans la conduite du feu et la surveillance que l'on exerce sur l'entretien et le nettoyage des chaudières , on voit encore les bouilleurs de fonte se fendre , et ceux de tôle se brûler. Le courant d'air froid , les dépôts intérieurs et les fuites d'eau , sont les causes les plus fréquentes de ces accidens. Quand un bouilleur de fonte vient à se briser , l'eau commence à couler par la fente ; mais cet écoulement , tant qu'il est faible , n'est pas visible pendant le travail de la chaudière , soit que la chaleur resserre le métal et arrête presque entièrement les fuites , soit que l'eau se réduise en vapeur à mesure qu'elle s'é-

coule , soit par ces deux causes réunies. Mais aussitôt que l'on cesse le feu, la fuite recommence et détermine toujours un élargissement de la fente : aussi, le tube que l'on avait laissé sain et entier à l'extinction du feu, et qui ne donnait aucune trace de fuite pendant le travail, se trouve-t-il souvent, après une nuit de repos, fendu, et a-t-il inondé le cendrier. Une fuite légère n'est pas inquiétante, et, en cas de besoin, il n'y a pas de danger à travailler quelque temps encore avec un tube fendu, jusqu'à ce que l'écoulement devienne trop fort ; le seul inconvénient est de consommer une partie de la houille pour réduire en vapeur l'eau qui s'échappe par la fente ; cette quantité de houille peut monter très-haut. Nous avons vu marcher, sous deux atmosphères de pression, des tubes dont la fente parcourait la circonférence entière à $\frac{1}{6}$ près. C'est cependant alors un travail très-dangereux, et qu'un manufacturier ne doit se permettre sous aucun prétexte, parce que s'il arrivait un accident aux chauffeurs, il en supporterait à juste titre toute la responsabilité.

On peut aussi, dans un cas urgent, quand un bouilleur est brisé, travailler avec un seul bouilleur, en fermant la tubulure du premier, par l'intérieur de la chaudière, au moyen d'une pierre que la chaleur ne puisse pas faire éclater, et de mastic de fonte. Si, au contraire, il n'y a pas d'inconvénients graves à prendre le temps, soit de remplacer, soit de raccommoder le bouilleur cassé ou brûlé, il vaut mieux ne pas attendre que la fente se prolonge. Nous avons donné plus

haut le procédé à suivre pour remplacer les bouilleurs; il ne nous reste à exposer que les moyens employés à leur raccommodage, quand la fente n'occupe que $\frac{1}{3}$ ou moitié de la circonférence du tube; car, autrement, il est plus sûr de les remplacer immédiatement.

48. Le procédé le plus généralement pratiqué, et qui consiste à garnir en dehors la partie fendue avec une plaque de fonte ou de tôle mastiquée et boulonnée, est très-mauvais et n'arrête les fuites d'eau que pendant peu de temps, parce que la plaque de tôle et les boulons sont brûlés en un mois de travail. Lorsqu'on emploie un procédé de ce genre, qui s'applique avec succès et sans aucun inconvénient au raccommodage des chaudières de fonte, c'est en dedans du tube ou de la chaudière qu'il faut placer la plaque de tôle, la mastiquer et serrer les boulons : la pression de la vapeur tend toujours de plus en plus à lui faire fermer la fente et jamais à l'ouvrir comme dans le cas précédent, et elle n'est pas exposée à brûler.

Pour opérer ce raccommodage, on est quelquefois obligé de démonter le tube et de le sortir des fourneaux; aussi, conseillons-nous toujours aux fabricans d'avoir deux bouilleurs en réserve, afin de pouvoir raccommoder sans perdre de temps et sans précipitation ceux qui se briseraient. Voici comment on exécute ce procédé : on fait un trou dans la fonte à chaque extrémité de la fente, ou même un peu plus loin pour l'arrêter; puis on en fore une série aux deux côtés de cette fente, et aux bouts à 10 ou 12 centimètres (3° à 4°) de distance, pour passer les boulons

qui doivent tenir la plaque de fonte ou de tôle. On prend la précaution de les fraiser en dehors, afin que quand les têtes des boulons sont brûlées, le mastic qui fait corps avec le boulon dans le trou conique, produise l'effet de la queue d'hironde, et tienne la plaque avec autant de force que si les têtes existaient encore. Dans le même but, on fait aussi les boulons un peu plus forts près de la tête que près des filets; on ajuste alors la plaque en dedans, et on lui donne la courbure du tube ou de la chaudière, de manière qu'elle couvre complètement la fente et la déborde de 5 à 6 centimètres (2° à 3°), puis on enduit d'une couche épaisse de mastic de fonte en pâte un peu molle toute la partie que la plaque doit couvrir; on remplit de même les trous des boulons, avant de les y engager; on serre les écrous également, c'est-à-dire, tous à la fois. Deux jours suffisent pour sécher le tout complètement, surtout au moyen d'un feu léger; et ce raccommodage, fait avec soin, peut avoir une durée de plusieurs années, principalement quand il a lieu sur le corps même des chaudières qui ne sont pas exposées au feu direct comme les bouilleurs.

49. Un autre procédé très-ingénieux est dû à M. Pauly, monteur de MM. Casalis et cordier de Saint-Quentin, et aujourd'hui mécanicien à Rouen. Il a été mis à l'épreuve dans plusieurs établissemens avec un succès complet, et peut servir utilement, non-seulement au raccommodage des tubes et chaudières, mais encore à celui des cylindres et autres pièces de fonte, qui ne doivent laisser passer ni l'air ni la vapeur. Son

principal objet est de fermer les fentes sans augmenter au dehors l'épaisseur du métal, et sans y laisser aucune tête de boulon qui puisse être promptement brûlée.

Le voici : on ajuste dedans la pièce que l'on veut ractommer, une plaque de forte tôle assez grande pour couvrir entièrement la fente, sur laquelle il est même bon de mettre un peu de mastic rouge et d'étoupe; puis on fore un trou de 13 à 14 millimètres (5 à 6 lignes) à l'une des extrémités de la fente, ou un peu au-delà, afin de l'arrêter complètement (*Pl. 5, fig. 11*). Ce trou doit percer au travers de la plaque intérieure de tôle. On taraude la partie du trou qui traverse la plaque; on le fraise en dehors, et on y fait entrer une vis en cuivre jaune qui doit remplir la partie fraisée : quand elle est fortement serrée, on en coupe et arase la tête en dehors, et on la matte fortement au marteau. On perce alors un second trou auprès du premier, et on le ferme par le même procédé; mais il faut qu'il recoupe d'une ligne environ la première vis, pour empêcher complètement toute fuite. On fore ainsi une suite de trous, sur toute la longueur de la fente, de manière qu'ils se recoupent tous, et on y place des vis en cuivre que l'on rive avec soin. Il résulte de là que la plaque de tôle se trouve serrée contre la chaudière ou le bouilleur, avec une grande force, à l'endroit même de la fente; et quand il n'y aurait pas de mastic, cette pression suffirait pour empêcher l'eau de s'écouler.

Mais il faut, en outre, s'opposer à l'écartement des deux lèvres de la fente, qui aurait nécessairement

lieu sous l'action de la chaleur. Pour cela, on place sur la plaque deux ou plusieurs entretoises, en fer méplat, de manière à maintenir la fonte sur la longueur de la fente. On fore, comme nous l'avons déjà dit, à chacune de leurs extrémités, un trou qui traverse aussi la chaudière; on taraude la partie de ces trous qui passe dans la plaque et l'entretoise; on y visse des vis en cuivre un peu plus fortes que les premières, et on les mate solidement. Si l'on craignait qu'une seule vis ne fût pas suffisante pour empêcher l'écartement, on pourrait en mettre deux à chaque extrémité. Quand toute la fente est ainsi bouchée, on peut travailler immédiatement, quelquefois pendant très-long-temps, sans nouvel accident. Un ouvrier adroit peut souvent opérer ce raccommodage en place, sans démonter les tubes. La fente se trouve donc fermée; sans augmenter en dehors l'épaisseur du métal. On emploie des vis de cuivre au lieu de vis de fer, parce que le cuivre est plus doux, et, quand il est mâté, pénètre mieux dans le métal taraudé, et ferme plus exactement la fente.

50. *Des explosions.* Nous ne pouvons pas passer sous silence les accidens graves qui arrivent quelquefois aux chaudières, malgré les meilleures précautions et la surveillance la plus exacte. Les circonstances en sont difficiles à apprécier après l'événement: il sera donc utile de connaître d'avance les causes les plus probables des explosions.

On sait que lorsque l'on chauffe l'eau dans un vase fermé, elle développe de la vapeur qui, ne trouvant

pas d'issue pour s'échapper , prend une tension considérable, et finit enfin par briser son enveloppe, quelle que soit sa résistance, et produire une explosion. C'est donc à cette cause que l'on peut naturellement attribuer l'explosion des chaudières à vapeur. On observera cependant que cet accident est arrivé plusieurs fois dans des chaudières où la tension, quelques instans avant, n'était pas considérable, et qui en avaient supporté souvent de plus grandes. Nous ferons, au reste, remarquer ici que, quand un métal est exposé à un effort plus considérable qu'il n'est capable de le soutenir sans s'altérer, quoiqu'il ne soit pas encore rompu, sa force est cependant tellement diminuée, qu'il suffit ensuite d'un faible effort pour le rompre. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que des chaudières fassent explosion sous une pression à laquelle elles ont déjà résisté. D'un autre côté, on a aussi observé plus d'une fois, qu'au moment où des accidens sont arrivés, les soupapes de sûreté étaient libres, et que cependant elles ne laissaient pas échapper de vapeur, ce qui aurait dû avoir lieu, si l'excessive tension de la vapeur était la cause unique des explosions. Il faut donc en chercher une autre.

Dans la plus grande partie des explosions connues, cette cause paraît être la négligence des chauffeurs qui laissent la chaudière se vider presque complètement d'eau, soit par oubli, soit parce que la tige du flotteur ne glisse pas assez librement dans sa boîte à étoupes, soit parce que la pompe alimentaire ne fonctionne plus. La chaudière se trouvant à sec, rougit,

et quand on ouvre le robinet de la pompe alimentaire, ou quand on en rétablit l'action, l'injection de l'eau sur le métal rougi par le feu développe instantanément une masse si considérable de vapeur, que les conduits ordinaires et les soupapes de sûreté ne suffisant pas pour l'évacuer, il en résulte une explosion. Cet accident est surtout à craindre avec les chaudières qui ont un foyer intérieur; car, alors, la partie supérieure de ce foyer se trouvant très-élevée dans la chaudière, est exposée à rester souvent à sec et à rougir. Le manufacturier ne doit, dans aucun cas, se reposer entièrement sur les soupapes de sûreté, du soin de l'avertir de l'excès de la tension : nous montrerons tout à l'heure qu'elles peuvent encore induire en erreur; c'est au manomètre qu'il doit toujours s'adresser et à la marche de la machine. Il doit connaître son activité ordinaire, sous la pression et avec l'ouverture de robinet à laquelle elle travaille chaque jour, quand elle est bien entretenue, et s'apercevoir de l'excès de tension de la vapeur à la vitesse que la machine prend, et à la nécessité où le chauffeur se trouve de fermer presque entièrement le robinet d'introduction. Sous aucun prétexte, on ne doit laisser charger la soupape de sûreté d'un poids excessif, ni la tension s'élever au-dessus de 3 à 4 atmosphères, dans les machines à moyenne pression.

Ce sont là les deux causes les plus ordinaires des explosions. Il en est cependant qui pourraient être attribuées à une mauvaise construction, soit qu'une chaudière de fonte de deux pièces ait été assemblée avec des boulons trop faibles, ou que le masticage

n'ait pas été fait à queue d'hironde, comme nous l'avons indiqué plus haut, soit que les rivets d'une chaudière de tôle aient été trop rares, ou, au contraire, trop nombreux, défaut qui affaiblit considérablement la force du métal; dans tous les cas, les chaudières de cuivre présentent, comme nous l'avons dit, sur les chaudières de fonte ou de fer battu, cet avantage, que, sous une pression trop forte, elles se déchirent sans faire explosion. Il est toutefois probable que si l'on projetait de l'eau dans une grande chaudière de cuivre rougie par le feu, l'explosion aurait encore lieu. On voit aussi, par les causes les plus fréquentes d'explosion, que nous avons indiquées, qu'une partie d'entre elles peuvent arriver dans les chaudières à basse comme à haute pression, surtout parce que l'on prend plus de précaution dans la construction et la conduite de ces dernières. C'est ce que l'expérience paraît avoir confirmé.

Il en est au reste du danger des explosions comme de tous les dangers qui nous menacent dès que nous voulons agir; celui-ci n'est ni plus imminent, ni plus grave, qu'un grand nombre d'autres sur lesquels on marche chaque jour sans y penser. On voit, par exemple, bien plus rarement des ouvriers tués par l'explosion d'une machine à vapeur, que déchirés par des engrenages ou des courroies, et à plus forte raison précipités du haut d'un toit ou noyés. C'est un devoir rigoureux pour un manufacturier de prendre pour la sûreté de ses chauffeurs les précautions les plus minutieuses, comme il doit le faire partout où il y a chance d'accident;

mais il faut s'aguerrir aujourd'hui contre la première impression de crainte et de méfiance que produit un nouvel instrument trop long-temps entouré d'une réputation redoutable, qui en a beaucoup retardé la propagation et les grands résultats.

51. Parmi toutes les précautions que l'on a prises pour éviter les explosions et les dangers qui en résultent, voici les plus fréquemment employées et les plus efficaces.

En premier lieu, il est toujours prudent, et nous dirons même avantageux pour le service, de placer la chaudière hors du bâtiment, ne fût-ce que sous un hangar, et à l'enterrer en terre pour diminuer les pertes de chaleur, et éviter l'élévation obligée de la machine et des ateliers. La combustion est alors alimentée par l'air extérieur, plus frais que celui de l'atelier; elle est par conséquent plus vive. Enfin, dans un espace large et ouvert, le renouvellement des bouilleurs est plus facile, et, en cas d'accident, l'explosion amortie par la terre ne serait probablement pas aussi grave. Quant aux pertes de chaleur, en donnant aux parois du fourneau 0^m 50 à 0^m 60 (18° à 22°), elles sont insensibles même en plein air.

SOUPAPES DE SURETÉ.

25. En second lieu, toutes les chaudières sont armées de deux soupapes de sûreté (*Pl. 3, fig. 1 et 2*), destinées à évacuer l'excès de vapeur, lorsque la tension s'élève trop haut, et réglées de manière à se sou-

lever à un degré déterminé. On trouvera dans l'appendice une explication succincte du principe sur lequel repose la construction des soupapes, et la manière d'en régler la charge.

Cependant leurs fonctions ne se règlent pas en pratique aussi exactement que nous le disons dans cette note. Il peut arriver quelquefois, par exemple, que des soupapes mal nettoyées et rouillées adhèrent à la chaudière, de manière à ne pas se soulever à la tension indiquée par le poids et le levier; mais il arrive bien plus fréquemment que les soupapes de sûreté laissent échapper la vapeur beaucoup au-dessous de la tension pour laquelle elles sont réglées. En effet, quoique bien rodées, le moindre grain de poussière empêche le contact parfait de la soupape avec la chaudière, et livre passage à la vapeur. On est alors obligé de charger le levier d'un nouveau poids, ou de reculer le poids ordinaire sur le levier pour augmenter sa pression, et nous ne saurions trop insister sur ce point, c'est ainsi que l'on s'expose à des accidens graves dans la plupart des ateliers, uniquement pour avoir négligé de nettoyer les soupapes. Les manufacturiers doivent exercer la surveillance la plus sévère sur ce nettoyage, et les faire même roder à l'émeri ou au moins à l'eau, toutes les fois que l'on arrête la machine. Avec ces précautions, les meilleures et les plus simples que l'on puisse prendre, les soupapes joignant exactement, ne laisseront pas échapper de vapeur, et les chauffeurs, pour éviter cette fuite, ne seront pas obligés de les charger d'un

poids tel que la vapeur à 15 ou 20 atmosphères pourrait à peine le soulever.

55. *Causes de la fuite de la vapeur par la soupape.*
L'ordonnance du 29 octobre 1823, et les instructions qui la suivent, conseillent aux manufacturiers et aux chauffeurs de soulever souvent les soupapes, pour éviter toute adhérence; c'est une erreur qui a de grands inconvénients, comme nous l'avons dit : l'adhérence des soupapes est si faible, que la moindre pression suffit pour la vaincre, à moins de rouille invétérée, qui ne peut se produire pendant le travail; et, d'un autre côté, la vapeur qui s'échappe, quand on soulève la soupape, entraîne avec elle des matières terreuses, qui empêchent le contact, et forcent le chauffeur à surcharger les soupapes. Il doit, au contraire, éviter soigneusement d'y toucher, ou les roder légèrement avec une clé, en serrant le levier dessus, s'il voyait la vapeur s'échapper, sans que ce soit par suite d'une haute tension. Mais surtout il ne doit pas oublier de les nettoyer lorsqu'il arrête le feu et la machine.

Au reste, la disposition généralement adoptée pour les soupapes de sûreté, sert d'un utile indicateur pour avertir le chauffeur de l'excès de tension de la vapeur; et malgré les observations de M. Clément, il est certain que, hors le cas d'une production instantanée de vapeur, et à laquelle aucune ouverture ne pourrait donner un écoulement suffisant, les soupapes ordinairement employées réussissent complètement à arrêter toute augmentation dangereuse de pression qui se manifesterait dans le travail des chaudières.

quand on arrête les machines , pour quelque temps , pourvu que , dans ce cas , le chauffeur ait toujours soin , si la vapeur a déjà une forte tension , de rapprocher le poids qui charge les soupapes , c'est-à-dire , de diminuer son levier , et , par conséquent , la force avec laquelle il comprime la vapeur. Avec cette simple précaution , l'excès de vapeur s'écoule et la tension devient promptement stationnaire. Quoi qu'il en soit , il serait utile de trouver une disposition facile de soupape , qui ouvrirait à coup sûr , une large ouverture à la vapeur , dès qu'elle atteindrait une tension déterminée. Toutes celles que l'on a jusqu'ici essayées , sont trop compliquées pour être entièrement satisfaisantes ; la seule qui ait donné d'assez bons résultats est la suivante.

RONDELLES FUSIBLES.

54. Pour remédier aux défauts des soupapes de sûreté et prévenir toute chance d'accident , on a proposé d'adapter aux chaudières à vapeur , des rondelles de métal fusible , ajustées sur une des tubulures de la chaudière. On a réussi à régler la fusibilité de ces rondelles , assez exactement pour qu'elles se fondent à une température ou à une tension déterminée. Le seul défaut qu'elles aient présenté quelque temps , était de se ramollir et de laisser échapper la vapeur au-dessous du degré pour lequel elles sont réglées : cette difficulté a été heureusement levée en les couvrant d'une toile métallique qui maintient la rondelle amollie , jusqu'au

moment où la température est assez élevée pour la faire couler.

L'addition de ces rondelles aux chaudières à vapeur nous paraît offrir quelque sécurité; cependant la limite fixée pour leur fusion, par l'ordonnance du 29 octobre 1823, est beaucoup trop rapprochée. Cette ordonnance ne laisse que 10° entre la température à laquelle travaille ordinairement la machine et le point de fusion de la première rondelle. Or, dans cette limite, pour les machines de Woolf, 10° ne correspondent qu'à 4 atmosphère environ, et cette augmentation d'une atmosphère se présente souvent dans le travail, dès que le besoin de serrer une clavette ou une vis fait arrêter la machine pendant quelques minutes. On sent alors quelle perte le fabricant éprouverait, si, une fois par semaine au moins, ne fût-ce même que deux fois par mois, il lui fallait suspendre ses travaux quelques heures, pour laisser échapper la vapeur de sa chaudière, au moment où la rondelle se fond. On éviterait cet inconvénient en plaçant la rondelle à l'extrémité d'un robinet, afin de pouvoir immédiatement arrêter l'écoulement de la vapeur et l'ébullition, et après le renouvellement de la rondelle, rallumer le feu et remonter la vapeur à la tension nécessaire. On serait, en outre, obligé de jeter rapidement le feu en bas du fourneau, ce qui ne se fait pas sans danger pour les bouilleurs; mais alors il est probable que la rondelle trop éloignée de la chaudière, n'éprouvera plus la température même de la vapeur, et sera en retard pour son point de fusion.

55. Pour employer ces rondelles avec sécurité, il faut nécessairement laisser une marge beaucoup plus grande, 20° par exemple, entre la plus haute température à laquelle les machines travaillent, et le point de fusion des rondelles. Il ne faut pas cependant croire, que ces rondelles soient une garantie assurée contre tout accident; car elles ne peuvent aucunement prévenir les explosions qui auraient lieu par l'introduction instantanée de l'eau dans une chaudière vide et rougie par le feu, et c'est comme nous l'avons dit, la cause la plus fréquente des explosions. La disposition ordinaire des rondelles fusibles, et celle qui en rend le renouvellement le plus facile, est de les ajuster sur une des tubulures de la chaudière en les recouvrant d'une feuille de toile métallique, et maintenant le tout par une bride en fer et des écrous. Avec les soupapes de sûreté et les rondelles fusibles, le moyen le plus sûr et le plus facile d'éviter les accidens nous parait toujours être de surveiller la conduite du fourneau, et de s'assurer que le chauffeur prend toutes les précautions que nous indiquerons en détail dans l'article relatif à la conduite des machines : c'est de lui défendre expressément de jamais surcharger les soupapes de sûreté, d'exiger qu'il les nettoie régulièrement, et qu'il observe souvent son manomètre, le guide le plus sûr qu'il puisse avoir et pour éviter les accidens et pour assurer à la machine une marche régulière.

MANOMÈTRES.

56. *Construction des manomètres.* On trouvera dans l'appendice placé à la fin de ce manuel, l'exposition de la loi sur laquelle repose la construction du manomètre; il nous suffira de donner ici le moyen pratique de le graduer à l'aide d'une échelle et les indications nécessaires pour le construire et l'employer.

Le manomètre sert à indiquer la tension, la force de la vapeur dans la chaudière. Dans les machines à basse pression, cette tension se mesure par la hauteur de la colonne de mercure que la vapeur peut soutenir: dans les machines à moyenne et à haute pression, elle se mesure ordinairement par la compression d'un certain volume d'air, renfermé dans un tube de verre.

Rien de plus simple que la construction des manomètres destinés aux chaudières qui travaillent à basse pression; ils consistent le plus souvent en un tube de verre recourbé (*Pl. 3 fig. 4*), dont une des extrémités s'ajuste avec du mastic sur un des tuyaux de vapeur, ou sur la chaudière même. On le remplit à moitié de mercure; quand la vapeur presse dans la branche du tube *a*, le mercure descend dans cette branche et remonte dans l'autre *b*, et la pression de cette vapeur est mesurée par la différence de niveau *ab* du mercure dans les deux branches. On trace sur une planchette *P*, placée derrière le tube une échelle gra-

duée en 172 centimètres ou en 172 pouces , et il faut faire attention que chaque demi-pouce indique un pouce de pression, parce que, quand le mercure monte d'un demi-pouce dans une des branches, il descend d'une égale quantité dans l'autre, de manière que la différence de niveau est alors d'un pouce. On ne donne à l'échelle de ces manomètres que 7 à 8° de graduation, parce que c'est la plus haute pression à laquelle travaillent ces machines, et qu'alors la vapeur est assez forte pour soulever de 7 à 8 pieds la colonne d'eau qui sert à alimenter la machine.

Dans beaucoup d'ateliers, on construit ces manomètres en fonte; ils sont moins exposés à se briser (fig. 8). Afin de pouvoir lire la marche du mercure dans la fonte, on y ajuste un tube de verre court *v*, et on met dans le tube de fonte *ab* un petit flotteur en bois *d*, dont le haut est muni d'un morceau de cire rouge *e*, pour indiquer facilement sa marche. Ce flotteur monte et descend le long de l'échelle graduée, et la cire rouge indique sur cette échelle la marche du mercure.

57. Pour construire les manomètres employés sur les chaudières à moyenne et à haute pression, on prend un tube de verre de 8 à 9 millimètres (3 à 4 lignes) de diamètre, et de 30 à 35 centimètres (11 à 13 pouces) de longueur (*Pl. 3 fig. 5*), fermé à l'une de ses extrémités; plus ils sont longs, plus ils donnent des indications exactes. On le plonge dans un godet de fer *a*, rempli de mercure (vif argent); ce godet porte dans son épaisseur un petit conduit *b*, communi-

quant, par le bas, au tuyau *c*, qui y amène la vapeur, et dont l'autre extrémité vient aboutir à la surface. On ferme le dessus du godet, au moyen d'un plateau *d* de fonte, tenu par quatre vis, et mastiqué au mastic rouge, en prenant des précautions pour ne pas obstruer le conduit intérieur. On a eu soin, avant de mettre le plateau en place, d'y fixer solidement le tube de verre *e*, au moyen d'étoupes et de mastic, pour empêcher toute fuite d'air ou de vapeur. On serre les vis, on termine le masticage du tube avec le plateau, et on laisse sécher le tout pendant plusieurs jours avant de s'en servir.

58. *Graduation des manomètres.* Il faut alors graduer le manomètre; dans les ateliers, on appelle vapeur à 1 atmosphère celle qui peut soulever un poids de 1^{re} environ sur 1 centim. carré, ou de 15 liv. sur un ponce carré. Or, quand la vapeur a la force d'une atmosphère, c'est-à-dire, quand l'eau commence à bouillir, elle soulève le volume d'air qui repose sur elle, et entre en ébullition. A ce point, la tension, comme nous l'avons dit, est égale au poids de l'atmosphère. Le mercure du manomètre, étant pressé en dehors par la vapeur, et en dedans par le poids de l'air, au même degré de tension, reste immobile et au même niveau dans le tube que dans le vase de fonte, et c'est ce qu'on nomme le zéro du manomètre. On marque, sur l'échelle, le niveau du mercure par un zéro. Puis, à mesure que la vapeur augmente de force, elle presse sur le mercure et l'air, et comprime ce dernier : lorsqu'elle a atteint une force de 2^e par centimètre carré ou de 30 liv. par ponce

carré, c'est-à-dire, une force de deux atmosphères, l'air est alors réduit à moitié de son volume, et le mercure monté à la moitié du tube; on marque donc à la moitié de la hauteur du tube 1 atmosphère ou 15 liv. , c'est la pression de la vapeur en sus du poids de l'air; on verra cependant, plus loin qu'il faudrait, pour que ce résultat fût rigoureux, ajouter à la compression de l'air intérieur, le poids de la colonne de mercure soulevée, que la vapeur soutient ainsi à moitié du tube; mais, en pratique, cette erreur n'est pas grave, à moins que le manomètre ne soit très-long; on peut, au reste, l'éviter en plaçant le tube du manomètre horizontalement, puisqu'alors le poids de la colonne de mercure est toujours nul. On doit, dans ce cas-là, employer un tube de verre d'un petit diamètre, pour que la colonne de mercure ne se divise pas.

Quand la vapeur a acquis une force égale à 3⁴ par centimètre carré, c'est-à-dire, 50 liv. par pouce carré, en sus du poids de l'air, ou une force trois fois plus grande, l'air du tube se trouve réduit au tiers de son volume, et le mercure monté aux deux tiers du tube. On marque à ce niveau 2 atmosphères ou 30 liv.; on marque de même 3 atmosphères ou 45 liv. , quand la vapeur a acquis une force de 1 atmosphère de plus, c'est-à-dire, une force quatre fois plus grande, qui réduit l'air au quart de son volume, et qui fait monter le mercure aux trois quarts du tube, etc.

Les divisions se font d'avance sur le tube, dès qu'il est plongé dans le petit vase de mercure, ou sur une

planchette *p* à laquelle ce tube est fixé. On a soin de ne régler le manomètre que quand le mercure est exactement au zéro. Alors on divise la longueur du tube en 2 pour 1 atmosphère, en 3 pour 2 atmosphères, en 4 pour 3 atmosphères; on marque la division sur la planchette à laquelle on fixe le tube, à partir du niveau du mercure, et, en ajoutant à chacun de ces chiffres 1 atmosphère pour le poids primitif de l'air, et pour la tension que la vapeur a déjà quand le manomètre marque zéro, on aura, quand l'air sera réduit à la moitié du tube, 2 atmosphères; au tiers 3; au quart 4 atmosphères de pression véritable, quoiqu'en pratique, on n'en compte alors que 1, 2, 3, etc.

Il ne faut pas oublier de mettre une légère goutte d'huile sur le mercure dans le tube, avant de le masquer; avec cette précaution, le verre est toujours net, et le mercure ne s'y attache jamais.

Nous donnons ici une table, et une échelle proportionnelle à l'aide de laquelle on obtient immédiatement la division de tous les manomètres. (*Pl. 5 fig. 10.*) Il suffit, pour cela, de placer le tube de verre, ou la planchette que l'on veut diviser sur cette échelle parallèlement à la ligne divisée *ab*, de manière que le zéro, ou le bas du tube, corresponde à la ligne de zéro *ca*, et le haut du tube, à la ligne supérieure de l'échelle *cb*, et de reporter directement sur la planchette, toutes les divisions correspondantes de l'échelle, qui peut servir ainsi à graduer les manomètres de toutes grandeurs, puisque, quelque grands qu'ils soient, on peut toujours, en prolongeant les lignes

ca et cb , trouver la place et la longueur d'échelle qui leur correspond, parce que ces divisions prolongées autant que l'on voudra, sont toujours proportionnelles, c'est-à-dire, que la ligne cd coupe également en deux tous les manomètres ab , ef , gh , ik , comme la ligne cm les coupe aux deux tiers, et la ligne cn aux trois quarts de leur hauteur.

Il est prudent de placer un petit robinet r (fig. 5), au-dessous du manomètre. Si, par accident, on venait à briser le tube de verre d'un manomètre, privé de robinet, il deviendrait difficile de maîtriser la vapeur, qui s'échapperait par le tuyau; il faudrait peut-être arrêter la machine et laisser échapper dans l'air toute la vapeur de la chaudière, au lieu qu'au moyen d'un robinet, que l'on ferme au besoin, on peut raccommoder immédiatement le manomètre, sans aucune perte de vapeur.

Il ne faut pas laisser tomber de mercure dans le tuyau de cuivre c , qui établit la communication de la chaudière au manomètre, puisqu'il serait promptement percé. On doit aussi donner les plus grands soins au masticage du tube de verre avec le vase de fonte, et le laisser sécher plusieurs jours, à moins d'urgence, afin que l'air contenu dans le tuyau de cuivre ne puisse pas s'échapper; car, alors, la vapeur arriverait sur le mercure, et pourrait, par une forte pression, passer jusque dans le tube, dont elle troublerait les résultats, en augmentant le volume de l'air renfermé dans le manomètre. Quand le masticage est bien fait, l'air primitivement renfermé dans le tube

qui communique à la chaudière, ne pouvant s'échapper, résiste à la vapeur, et celle-ci ne peut s'introduire dans le tube de cuivre qui reste constamment froid.

60. Ce genre de manomètre est, au reste, sujet à quelques erreurs. Si, après avoir été réglé dans de l'air froid, il se trouve placé dans la chambre d'une machine dont la température s'élève, en été, à 40 ou 45°, l'air renfermé dans le tube, se dilate considérablement, et résiste à la pression de la vapeur; et quand l'air est réduit à la moitié de son volume, cette pression est en réalité plus forte qu'elle ne l'est en apparence, puisque le volume de l'air qu'elle comprime, est dilaté par la chaleur; mais cette erreur ne se présente que le premier jour de travail. Dès que l'on a cessé le feu, et arrêté la machine une seule fois, et qu'il n'y a plus de vapeur dans la chaudière, la température de la chambre restant à peu près la même, l'excès de l'air dilaté s'échappe par le bas du tube à travers le mercure, avec d'autant plus de facilité qu'il se produit un vide dans la chaudière, à mesure qu'elle se refroidit, et le manomètre se trouve alors réglé exactement à la température de la salle, tant que cette température ne change pas; ce qui a lieu à peu de différence près, pendant le temps du travail.

Quand on arrête plusieurs jours de suite la machine, en hiver, il arrive quelquefois que le froid condense l'air qui était précédemment très-dilaté, et fait monter le mercure dans le tube; mais, ce résultat est

indifférent, et le manomètre est toujours bon, lorsqu'à la température de la salle échauffée, il marque zéro, avant que la vapeur ne se développe, ce dont il est prudent de s'assurer de temps à autre.

On voit aussi quelquefois la vapeur passer dans le tube : en s'ajoutant au ressort de l'air, elle le dilate, produit dans le manomètre le même effet que l'élévation de température de la salle, et se corrige également elle-même.

Cette augmentation de volume sert aussi à compenser une autre cause d'erreur qui se manifeste après quelque temps de travail : c'est l'absorption d'une partie de l'air fortement comprimé, par l'huile placée sur le mercure, ou, à défaut d'huile, par le mercure lui-même; mais, nous le répétons, le manomètre fournit toujours des indications suffisamment exactes, c'est-à-dire, comparatives, quand le mercure est au zéro de l'échelle, au moment où la vapeur commence à se développer. C'est ce qui arrive toujours dans un travail régulier.

61. Les mémoires de la société de Mulhouse, donnent la description d'un manomètre destiné aux chaudières à moyenne pression, qui est exempt de tous les défauts indiqués ici, n'est sujet à aucun dérangement, ni accident, et peut, en même temps, servir de soupape de sûreté, soit contre l'excès de pression de la vapeur, soit pour empêcher le vide de se produire dans les chaudières par leur refroidissement : ce qui n'est pas sans danger pour celles de tôle ou de cuivre qui travaillent à basse pression.

Ce manomètre est entièrement construit en fer (*Pl. 3, fig. 8*). Le mode d'action de la vapeur sur le mercure, est le même que dans le manomètre à basse pression, dont nous avons déjà donné la description; c'est-à-dire que la pression de la vapeur y est mesurée par la hauteur de la colonne de mercure soulevée. La disposition de l'appareil est analogue à celle des manomètres à haute pression, si ce n'est que la boîte de fonte *b* est beaucoup plus considérable, et présente une plus grande surface de mercure. Le tube de verre y est avantageusement remplacé par des tuyaux de fer *tt* vissés ou soudés ensemble, sur une hauteur suffisante : cette hauteur doit être égale à autant de fois 0^m,76 ou 28 pouces, quel'on veut obtenir d'atmosphère de pression : parce que, dans ce manomètre, ce n'est pas la compression de l'air qui indique la tension de la vapeur, mais la hauteur de la colonne de mercure que cette vapeur soulève. Le sommet des tuyaux de fer est ouvert, et communique librement avec l'air; or, on sait, que le poids de l'air, que nous avons vu être de 1^k sur 1 centimètre carré, est égal au poids d'une colonne de mercure de 0^m,76 ou 28^o de hauteur : de manière que la vapeur qui soutient, dans le manomètre dont nous parlons, le mercure à 0^m,76 centimètres ou 28 pouces, est de la vapeur à 1 atmosphère; celle qui le soutient à 56^o ou 1^m,52, est de la vapeur à 2 atmosphères, etc., etc.

Dans les machines de Woolf, où la tension de la vapeur ne s'élève pas au maximum, au-delà de 4 atmosphères, au-dessus de la pression ordinaire de l'air, les

tuyaux devront avoir 3 mèt. ou 9 pieds environ de longueur ; la boîte devra contenir une quantité de mercure suffisante pour remplir complètement le tube , et n'en laisser le pied à sec que quand la pression se sera élevée au maximum pour lequel on a réglé le manomètre ; parce qu'alors la vapeur se fera passage à travers le mercure et s'échappera dans l'air.

Un petit flotteur en fer f est attaché à une ficelle, et équilibré par un poids p qui , en courant le long d'une échelle graduée , indique les variations de la tension de la vapeur , par les hauteurs que prend successivement la colonne de mercure. Cette échelle sera tracée en marquant zéro au point où se trouve le contre-poids, quand il n'y a pas de vapeur dans la chaudière ; et comptant ensuite 76 centimètres ou 28° de course par atmosphère : toutes les divisions seront égales , de sorte que 152 centimètres ou 4 pieds 8 pouces , donneront 2 atmosphères ; 2^m, 28 centimètres ou 7 pieds , 3 atmosphères , toujours , comme nous l'avons dit , en sus de la pression ordinaire de l'air.

RENIFLARDS.

62. Il faut ici dire un mot des moyens employés pour prévenir les accidens qui pourraient résulter du vide produit dans les chaudières de tôle ou de cuivre, quand elles se refroidissent. Le tuyau tt (*Pl. 2, fig. 3.*) remplit efficacement cet objet, et sert en même temps de soupape de sûreté : car, lorsque la vapeur devient assez forte pour soulever une colonne d'eau égale à la

longueur de ce tuyau , l'eau bouillante s'échappe par son orifice supérieur , et comme il ne plonge que de quelques pouces dans l'eau , la chaudière se vide jusqu'à ce niveau , et l'excès de vapeur s'échappe ensuite avec facilité , jusqu'à ce qu'elle redevienne incapable de soutenir la colonne d'eau renfermée dans le tuyau. Quand , au contraire , la chaudière se refroidit , et que le vide s'y produit , l'air entre par le tuyau dans la chaudière , et prévient tout accident. On emploie aussi à cet usage des soupapes qui s'ouvrent du dehors au dedans (Voy. *Pl. 3, fig. 5*) , ou toute autre disposition analogue de soupape. On les nomme alors *reniflards*.

FLOTTEUR.

65. L'usage du flotteur est d'indiquer constamment le niveau de l'eau dans la chaudière. Pour remplir exactement ces fonctions (*Pl. 1^{re}, fig. 1^{re}*) , il faut que les mouvemens du fil métallique *z* qui soutient la pierre *x* , soient toujours libres dans la boîte à étoupes *b* (*Pl. 5, fig. 1^{re}*) , à travers laquelle il glisse. Ce fil est ordinairement en cuivre jaune ; mais il vaut mieux employer un fil d'acier de 5 millimètres (1 ligne 175) de diamètre , bien poli et sans pailles , parce que la force de l'acier permet de donner moins de grosseur au fil , ce qui diminue le frottement qu'il éprouve dans la boîte à étoupes , et facilite par conséquent ses mouvemens. Il faut seulement le nettoyer souvent pour éviter l'action puissante de la vapeur qui le rouillerait promptement. Cette boîte ne doit être

que peu serrée, car le flotteur ne pourrait plus suivre le niveau de l'eau, et l'on serait exposé à ne pas s'apercevoir que la chaudière se remplit, ou, ce qui est bien plus dangereux, qu'elle se vide complètement.

Il faut graisser souvent la boîte à étoupes, et s'assurer de temps en temps que le flotteur suit avec facilité tous les mouvemens de l'eau. L'étoupe de cette boîte doit être entièrement renouvelée, au moins une fois par mois, parce qu'elle se remplit de matières terreuses entraînées par la vapeur et le fil d'acier, et ne peut plus alors retenir la première, sans rendre difficiles les mouvemens du flotteur.

L'étoupe graissée dont on garnit cette boîte ne doit pas être employée en longues tresses, comme celle qui remplit les boîtes du cylindre, parce qu'elles s'entortilleraient autour du fil d'acier, et en gêneraient les mouvemens. Il faut l'employer en petites boules séparées, que l'on serre les unes sur les autres, en les imprégnant de suif.

64. Quelquefois le fil métallique qui soutient la pierre du flotteur vient à se briser, accident assez fréquent lorsqu'on emploie un fil de laiton sans le recuire suffisamment avant de le tordre (1). Lors donc que le fil vient à casser, ou que la pierre se brise, le contre-poids du flotteur, n'étant plus en équilibre, entraîne et

(1) Nous rappellerons ici que le fil de laiton se recuit par un procédé contraire à celui que l'on emploie pour l'acier, c'est-à-dire en le refroidissant subitement dans l'eau; car lorsqu'on le laisse refroidir lentement, il se trempe et ne peut plus se plier sans rompre.

renverse son balancier ; il faut immédiatement laisser tomber le feu, et en même temps alimenter la chaudière aussi long-temps que la machine peut marcher, en consommant le reste de la vapeur produite. Cette alimentation refroidit en même temps l'eau et la chaudière, et l'on n'a pas alors à craindre de laisser celle-ci se vider.

Dès que la vapeur est entièrement épuisée, on enlève les poids qui chargent les soupapes, que l'on laisse ouvertes, afin d'être sûr qu'il ne reste plus de vapeur dans la chaudière ; on dévisse enfin le bouchon du trou d'homme, en prenant des précautions pour se garantir de la bouffée de vapeur qui peut sortir de la chaudière. Si le constructeur a eu l'attention de placer le flotteur près du trou d'homme, il est facile d'attacher la pierre sans vider la chaudière, et sans perdre de temps. A cet effet, on prend un fil de cuivre ou d'acier plus long que celui dont on a besoin, et bien recuit ; on le passe par la boîte du flotteur, dont on a enlevé l'étaupe, et, le ramenant, à l'aide d'un crochet, jusqu'à l'entrée du trou d'homme, on y fixe la pierre que l'on a retirée facilement du fond de l'eau, en le tordant assez pour qu'il ne se détache pas, sans cependant risquer de le rompre ; on retire alors l'extrémité du fil, qui sort, à l'extérieur, par la boîte à étoupes, et on le fixe au balancier à une hauteur telle que, la chaudière étant remplie un peu au-dessous des deux tiers de sa hauteur, le balancier du flotteur soit horizontal. Dans les machines de petite force, on remplit un peu moins les chaudières, parce


que les bouillonnemens porteraient trop facilement l'eau dans les cylindres.

65. On a cru trouver quelques inconvéniens à placer le flotteur sur le devant de la chaudière, auprès de la tubulure des bouilleurs, parce que les bouillonnemens de l'eau, l'exposent à être fortement agité, et même à briser son fil métallique; mais ces bouillonnemens ne se manifestent dans les chaudières à moyenne pression qu'au premier développement de la vapeur. Quand celle-ci s'élève au-dessus d'un atmosphère de pression, elle se développe sans aucun bouillonnement à la surface de l'eau.

Lorsque le flotteur se trouve placé à l'extrémité de la chaudière, il faut la vider en partie, y verser à plusieurs reprises de l'eau froide, et l'enlever afin d'en hâter le refroidissement, avant de la mettre entièrement à sec, et d'y faire descendre un ouvrier pour rattacher la pierre. On sentira facilement combien il est important de faire cette opération avec le plus grand soin, pour éviter un accident du même genre, et le chômage, qui en est la suite.

66. Dans les chaudières à basse pression, on n'emploie pas ordinairement des flotteurs en pierre; on se sert souvent d'un tuyau de 7 à 8 pieds *tt*, qui plonge de 12 à 15 centimètres dans l'eau de la chaudière (*Pl. 2, fig. 5*): quand le niveau de l'eau vient à baisser jusqu'à l'ouverture inférieure du tube, la vapeur qui se dégage avec bruit par le haut, et qui quelquefois est dirigée de manière à se projeter sur le chauffeur même, suffit pour l'avertir d'alimenter la chaudière.

67. Quelquefois on fixe à la chaudière deux petits robinets, dont l'un se trouve placé à 16 centimètres (6°) au-dessous du niveau de l'eau, et l'autre, à 15 centimètres (6°) au dessus : on les ouvre de temps en temps l'un et l'autre, et selon qu'il sort de la vapeur ou de l'eau par les deux ou par l'un des deux, on juge aisément de l'état de la chaudière. Enfin, on adapte aussi à ces deux robinets, ou à des petits tuyaux recourbés, fixés aux parois de la chaudière l'un au-dessus de l'autre (*Pl. 3, fig. 11*), un tube de verre mastiqué, dans lequel l'eau de la chaudière vient prendre son niveau et servir directement d'indicateur. C'est le procédé le plus sûr et le plus généralement employé.



DEUXIÈME PARTIE.

ACCIDENTS QUI ARRIVENT A CHACUNE DES PIÈCES DES MACHINES; LEURS SYMPTÔMES ET LEURS REMÈDES.

POMPE ALIMENTAIRE.

68. Après avoir indiqué , comme nous l'avons fait dans la 1^{re} partie , les meilleures dispositions à donner aux chaudières et aux fourneaux qui produisent la vapeur , nous parlerons des pièces qui composent la machine proprement dite , et nous commencerons par celles qui fournissent de l'eau aux chaudières à mesure qu'elles se vident : et suivant la marche de la vapeur , nous nous occuperons des pièces dans lesquelles elle développe son action.

L'alimentation des chaudières , est un des objets qui exigent l'attention et la surveillance la plus soutenue , parce que , d'un côté , cette alimentation doit être régulière , soit pour éviter que la chaudière reste à sec et vienne à brûler ou à faire explosion , soit pour ne pas

diminuer tout à coup la pression de la vapeur, par l'injection subite d'une trop grande quantité d'eau froide ; et que d'un autre côté, les appareils employés à cette alimentation sont sujets à de fréquens dérangemens. Pour obtenir une alimentation continue, on emploie des appareils qui entretiennent dans la chaudière un niveau constant, en y introduisant autant d'eau que la machine consomme de vapeur.

69. *Alimentation à basse pression.* Dans les machines à basse pression et dans tous les chauffages à vapeur, cet appareil consiste en une soupape ordinaire conique, placée au fond d'un petit réservoir, et attachée par un fil de cuivre à l'extrémité d'une balance, qui soutient, de l'autre côté, une pierre (*Pl. 2, fig. 6*), destinée à servir de flotteur à la chaudière. Cette soupape ferme le tuyau qui conduit l'eau du réservoir au fond de la chaudière, de manière que quand le flotteur vient à baisser avec le niveau de l'eau, il soulève la soupape et ouvre passage à l'eau du réservoir, qui descend dans la chaudière par le tuyau d'alimentation. On place le réservoir à une hauteur assez grande pour que le poids de la colonne d'eau puisse vaincre la tension à laquelle la chaudière doit ordinairement travailler. 2^m 50 à 3^m (7 à 9 pieds) suffisent ordinairement pour les chauffages à vapeur et les machines à basse pression.

70. *Alimentation continue à haute pression.* Dans les machines à moyenne et à haute pression, où la chaudière est alimentée par une pompe foulante, l'appareil d'alimentation constante est le plus souvent un petit

piston (*Pl. 5, fig. 6*) attaché au balancier du flotteur, et qui, baissant toutes les fois que le flotteur baisse, ouvre le tuyau d'aspiration *c* de la pompe alimentaire, permet à l'eau d'entrer dans la pompe, qui peut alors fonctionner. A mesure que la chaudière se remplit, le flotteur remonte avec le piston qui ferme le tuyau d'aspiration. Ce piston règle la marche de la pompe alimentaire au moyen d'une suite de tuyaux qui y amènent l'eau du condenseur, et la reconduisent ensuite sous les soupapes de la pompe : mais ces tuyaux sont toujours si longs, et les cylindres qui glissent ainsi à frottement dans une douille, sont si exposés à être arrêtés par la rouille ou par des ordures, que, quoique cet appareil soit bon en lui-même, et remplisse d'une manière satisfaisante la fonction de régulariser l'alimentation, il se dérange assez souvent pour que nous croyons préférable de le supprimer entièrement, et de régler l'alimentation de la chaudière d'après les indications du flotteur, en ouvrant et fermant à la main le robinet du tuyau d'aspiration.

74. *Inconvéniens de cet appareil à niveau constant.*
 En premier lieu, l'eau étant obligée de faire trois fois le chemin de la machine à la chaudière, dans des tuyaux d'un petit diamètre, qui puisent presque toujours dans le condenseur une eau chargée de graisse, il en résulte que les engorgemens sont fréquens. Pour les réparer, il faut démonter ces longs tuyaux, ce qui ne s'opère jamais sans déchirer les soudures en quelques endroits, et si les soudures viennent à se fendre,

l'air qui est alors aspiré par la pompe, arrête immédiatement l'alimentation. Il faudrait dans ce cas-là, employer pour cet objet, des tuyaux de plomb, sans soudure, qui se prêtent facilement aux démontages et aux courbures.

En second lieu, par suite d'un défaut de construction qui place ordinairement cet appareil à la même extrémité du balancier que le fil de cuivre *d* du flotteur, lorsque la pompe alimentaire se déränge et ne fonctionne plus, le petit piston *a*, touche au fond de son cylindre *e*, empêche le flotteur de baisser, et n'indique plus au chauffeur le dérangement de la pompe alimentaire et le dangereux épuisement de la chaudière. Ce péril n'existe pas quand l'alimentation est réglée par un robinet que le chauffeur fait marcher à volonté; c'est-à-dire que l'on ne peut pas être induit en erreur par l'immobilité du flotteur.

Il vaut mieux placer ce petit piston à l'autre extrémité du balancier *f*: alors si la chaudière se vide, le flotteur continue à descendre, et le piston finit par s'échapper du cylindre.

En définitive, cet appareil demande aux chauffeurs presque autant de soins et de surveillance, que lorsqu'ils sont obligés de régler eux-mêmes la marche de l'alimentation; il ne leur présente pas des moyens aussi sûrs de se guider, et il encourage la plus dangereuse négligence, en leur inspirant une fausse confiance dans la régularité de l'alimentation.

72. *Régularité nécessaire dans l'alimentation.* Nous conseillons donc de supprimer ces appareils, aussi

longs-temps qu'ils ne seront pas plus exacts et plus sûrs, et d'abandonner au chauffeur seul le soin d'ouvrir et de fermer le tuyau d'aspiration de la pompe alimentaire, en se réglant sur le niveau du flotteur.

Pour éviter, dans la chaudière, un trop grand refroidissement, qui peut diminuer tout d'un coup la pression de la vapeur et rendre irrégulière la marche de la machine, le chauffeur doit alimenter peu et souvent, sans attendre, pour ouvrir le robinet du tuyau d'aspiration, que le flotteur soit entièrement baissé. Les variations du niveau du flotteur ne doivent pas aller au-delà d'un décimètre environ (3 ou 4^p); nous les avons indiquées en *gh*, par des lignes ponctuées. Les chauffeurs peuvent aussi régler, par tâtonnement, le robinet d'aspiration *a* (*fig. 2*), de manière à entretenir constamment l'eau de la chaudière au même niveau; mais cependant ils ne doivent jamais négliger d'examiner souvent le flotteur et de le faire marcher à la main, afin de s'assurer que la pompe alimentaire fonctionne bien.

73. *Dérangemens de la pompe alimentaire.* Plusieurs accidens gênent le travail des pompes alimentaires: la graisse du condenseur, des étoupes ou d'autres ordures peuvent s'arrêter dans les soupapes *e* et *d*, quoique l'on mette souvent à l'entrée du tuyau d'aspiration *c* (*fig. 2 et 4*) une pomme d'arrosoir, et qu'on ait soin de la nettoyer pour n'en pas laisser engorger les trous; les soupapes se soulèvent quelquefois, et ne retombent pas à leur place; elles viennent à s'user, ne ferment plus, et demandent à être rôdées;

d'autres fois le tuyau d'aspiration *c* est engorgé ou rompu. Quelle que soit la cause du dérangement, on s'en aperçoit facilement, lorsque le flotteur continue à baisser, quoique le robinet d'aspiration *a* soit ouvert : ou lorsque l'on n'entend plus le bruit des soupapes, et que le tuyau d'injection *f*, qui est froid, c'est-à-dire à la température de l'eau du condenseur quand la pompe fonctionne bien, devient brûlant, parce que l'eau de la chaudière, qui n'est plus refoulée, l'échauffe très-fortement; c'est même l'un des signes les plus sûrs à consulter.

74. Si l'on ne s'apercevait pas promptement de cet accident, il pourrait arriver que la pierre du flotteur ne fût plus soutenue par l'eau, mais que l'attache de son fil de cuivre reposât sur le bord de la boîte à étoupes. Dans cette position, il peut encore rester 15 à 18 centimètres d'eau (6 à 7°) dans la chaudière, ce qui suffirait pour marcher sans charge et alimenter immédiatement : ou bien la chaudière peut être entièrement vide. Or, il est très-important de savoir à quoi s'en tenir sur ce point; parce que, dans le dernier cas, il y aurait le plus grand danger à mettre la machine en mouvement, et à alimenter la chaudière que le feu peut avoir déjà fait rougir. Il en résulterait probablement une explosion, comme nous l'avons dit. Voici le procédé à suivre pour s'assurer de l'état de la chaudière : il faut, après avoir fermé le robinet d'injection *f* et enlevé ensuite le chapeau *h*, ouvrir avec précaution le même robinet d'injection *f*. Comme le tuyau d'injection descend jusqu'à environ 1 décimètre (3°) du fond

de la chaudière, l'eau, s'il en reste encore, s'élance par le robinet au moment où on l'ouvre, et elle est pleine de dépôts terreux, faciles à reconnaître. Si, au contraire, il ne restait plus d'eau, il ne sortirait, par le robinet, que de la vapeur. Cet essai est très-délicat, et par le danger d'être brûlé en ouvrant le robinet, et par le danger de se tromper en jugeant ainsi de l'état de l'eau dans la chaudière.

75. Dans tous les cas, la première chose à faire, selon nous, est d'arrêter la machine, bien que l'on pût, à la rigueur, s'en dispenser pour nettoyer les soupapes, en fermant d'abord le robinet *a* du tuyau d'aspiration, et seulement ensuite celui *f* du tuyau d'injection.

76. *Des robinets d'injection et d'aspiration.* Nous ferons particulièrement remarquer que, dans aucun cas, on ne doit fermer le robinet *f* du tuyau d'injection quand la machine marche, avant d'avoir fermé complètement celui *a* du tuyau d'aspiration, et même avant d'avoir laissé faire quatre ou cinq tours à la machine, après qu'il est fermé, pour que toute l'eau soit bien chassée : car, quand le piston descend, l'eau aspirée par la pompe, ne pouvant plus s'échapper par le tuyau d'injection s'il était fermé, briserait à l'instant la tige *g* de la pompe, à moins que le chapeau *h*, qui couvre les soupapes, ne cédât à ce grand effort, et ne livrât passage à l'eau comprimée. C'est un accident auquel on est surtout exposé, quand on permet aux chauffeurs de nettoyer les soupapes de la pompe pendant qu'elle marche, parce qu'il est difficile qu'ils

n'oublent pas quelquefois d'ouvrir et de fermer à propos le robinet d'injection.

Nous croyons, au reste, dangereux de laisser faire cette opération, en marchant, à des chauffeurs qui ne seraient pas adroits et prudents; il vaudrait mieux arrêter un moment la machine.

Ainsi, le principal usage du robinet d'injection, est d'empêcher la vapeur dont la chaudière est remplie, d'arriver dans la pompe alimentaire, quand on veut la nettoyer : on en sentira facilement l'importance, quoique plus d'un auteur l'ait jugé inutile. Quant au robinet d'aspiration, le chauffeur l'ouvre et le ferme sans inconvénient, pendant le travail de la machine.

77. *Nétoyage des soupapes.* Pour régler l'alimentation de la chaudière, pour nettoyer les soupapes, et pour faire toute autre réparation à la pompe alimentaire, il doit, comme nous avons dit, arrêter la machine, puis fermer parfaitement le robinet d'injection. Celui-ci doit être ajusté et rôdé avec beaucoup de soin, afin que l'eau bouillante de la chaudière, poussée par toute la force de la vapeur, ne vienne pas s'épancher avec violence dans le corps des soupapes au moment où l'on desserre la vis de pression qui en retient le chapeau : et lors même que le robinet d'injection est bien fermé, on ne doit enlever ce chapeau qu'avec précaution, pour éviter toute brûlure. En examinant les soupapes de la pompe alimentaire lorsqu'elle ne fonctionne plus, on les trouvera presque toujours salies par des étoupes, du mastic, de la graisse, de la terre, ou d'autres ordures que la pompe a pui-

sées dans le condenseur ; un simple nettoyage suffit alors.

78. *Engorgement du tuyau d'aspiration.* Lorsque le tuyau d'aspiration est engorgé, on s'en assure facilement en portant la main dans le condenseur à l'endroit *c* (fig. 4), où ce tuyau vient y puiser l'eau ; on n'y sent plus la forte aspiration qui a lieu quand la pompe fonctionne bien, et l'eau que l'on versera alors dans le tuyau d'aspiration, après avoir enlevé les soupapes, ne pourra plus s'écouler. Si l'on ne parvient pas à le nettoyer en y passant un fil de fer, il faut nécessairement le démonter.

79. *De l'usure des soupapes.* On s'apercevra également à la main si la soupape d'aspiration, inégalement usée, ne ferme plus : ou si comme on le voit quelquefois elle reste levée, car on sentira alors à chaque coup de piston l'eau aspirée par la pompe, puis refoulée dans le condenseur. Cette usure se corrige facilement, en rôdant la soupape à sec jusqu'à ce qu'elle ne laisse plus échapper l'eau dont on la couvre.

Quelquefois encore l'eau de la chaudière remonte par le tuyau d'injection *f*, traverse la soupape supérieure *d*, et entre sous le piston *l* de la pompe, chaque fois que le vide s'y produit. Cette pompe s'échauffe très-fortement, et la vapeur sort de la boîte à étoupes *m*, avec une portion de l'eau de la chaudière pleine de matières terreuses. On peut être alors certain que la soupape supérieure ne ferme plus exactement le passage, et que l'eau de la chaudière, poussée par toute la force de la vapeur, est aspirée par la pompe

alimentaire de préférence à l'eau du condenseur, qui ne supporte que la pression de l'air.

On s'en assure en couvrant d'eau la soupape *d*. Si elle ne joint pas exactement, qu'elle soit usée, ou qu'il existe un défaut dans la boîte de cuivre, l'eau s'écoule immédiatement. On la rôde à l'émeri fin jusqu'à ce qu'elle tienne l'eau.

80. *Des chocs que donne la pompe alimentaire.* Quelquefois aussi un choc se fait entendre dans la pompe, ou dans le tuyau d'injection, à chaque coup de piston, lorsque le robinet d'aspiration *a* est fermé ; il cesse dès qu'on vient à l'ouvrir. En voici selon nous la cause la plus probable, quand le robinet ferme parfaitement, le vide se produit entièrement dans le corps de pompe, et le piston, en descendant sur l'eau sans que l'air soit interposé, donne lieu à un choc assez fort : en effet, que l'on desserre légèrement l'écrou du robinet *a*, pour y laisser entrer un peu d'air ou d'eau, la secousse cesse. Ce choc, qui n'a aucun autre inconvénient que celui d'ébranler la pompe, disparaît ordinairement au bout de quelques momens, sans doute parce que le robinet se desserre et que l'air se fraie un passage jusque dans le corps de pompe. Il faut, toutefois, prendre garde de confondre cette secousse avec celle qui peut se produire, lorsqu'en montant une machine, le piston descend trop bas, et touche au fond du corps de la pompe alimentaire.

81. *De l'air aspiré par la pompe alimentaire.* On voit aussi l'air pénétrer dans la pompe, soit par les

soudures brisées du tuyau d'aspiration *c*, soit par la boîte à étoupes *m*, et cet air est souvent assez abondant pour empêcher la pompe de fonctionner; il est facile de s'en assurer en promenant la flamme d'une lampe autour du tuyau, pendant que la pompe marche, jusqu'à ce que cette flamme soit aspirée par la fente du tuyau.

82. *Du diamètre des tuyaux.* Pour qu'une pompe alimentaire fonctionne à satisfaction, ses tuyaux ne doivent pas avoir un diamètre trop petit, surtout si elle se trouve éloignée du condenseur et de la chaudière, parce qu'alors l'eau, obligée de prendre une vitesse énorme dans de très-petits tuyaux, dépense beaucoup de force en frottemens inutiles, et n'a plus le temps de remplir le corps de pompe à chaque coup de piston : ce qui produit un choc assez fort et capable de déranger promptement la pompe. Pour une machine de 10 à 16 chevaux, lorsque les tuyaux ont une longueur de 9 à 10 mètres (28 ou 30 pieds), il faut leur donner 27 millimètres (1 pouce de diamètre) : et jamais moins de 9 lignes, pour des machines plus faibles. On doit aussi éviter dans les tuyaux les coudes nombreux qui gênent le mouvement de l'eau.

83. *De la boîte à étoupes.* Si l'eau venait à sortir par la boîte à étoupes, il faudrait en resserrer les écrous, et si cela ne suffisait pas, la regarnir d'étoupes, opération pour laquelle il faut arrêter la machine.

Quelquefois aussi la rondelle de cuivre *n*, placée au fond de la boîte à étoupes, est usée, et laisse échapper l'étoupe, qui passe par l'intérieur de la pompe jusque

dans les soupapes et les obstrue. On y remédie facilement en plaçant une forte rondelle de cuir au fond de cette boîte et immédiatement sur celle de cuivre.

CILINDRES.

84. La vapeur produite, comme nous l'avons dit, dans la chaudière, est conduite par un tuyau de cuivre *a* (Pl. 4, fig. 4), dans la double enveloppe *b* des cylindres, que l'on nomme *chemise*, et s'y répand pour les échauffer, avant de se rendre dans les boîtes qui la distribuent alternativement dessus et dessous les pistons.

85. *Du tuyau d'introduction.* On emploie quelquefois des tuyaux de plomb pour conduire la vapeur, mais on ne doit le faire, dans les machines, comme dans les chauffages, que pour la vapeur à basse pression, et les soutenir alors invariablement sur toute leur longueur; parce que la soudure à l'étain quand elle est chauffée se casse avec la plus grande facilité.

Le tuyau d'introduction de la vapeur doit toujours avoir un grand diamètre, qui, pour une machine de 10 à 12 chevaux, ne doit pas être au-dessous de 0^m,055, (2°) : des tuyaux plus étroits n'offriraient pas à la vapeur un passage assez facile. En effet, les frottemens augmentent considérablement avec la vitesse que la vapeur est obligée de prendre : pour une vitesse double, ils sont quatre fois plus grands : et lorsque les

tuyaux ont 4 ou 5 mètres de longueur, comme cela a lieu ordinairement, s'ils sont trop étroits, la température et la tension de la vapeur restent plus basses dans la chemise que dans la chaudière : et cette différence de tension est une perte réelle, puisqu'elle est employée tout entière, et sans résultats, à vaincre les frottemens que la vapeur éprouve dans de petits tuyaux. Il faut donc conserver avec soin dans la chemise toute la force de la température et de la tension, soit pour que la vapeur traverse plus rapidement les boîtes, et développe plus de puissance mécanique, soit pour échauffer plus vite la vapeur qui se détend sur le grand piston.

86. En même temps, si un courant d'air froid vient tout à coup à frapper la chemise, il s'y produit souvent une condensation subite, et la vapeur de la chaudière étant gênée dans son passage à travers ces tuyaux étroits, ne peut pas y arriver avant l'eau qui a moins d'espace à parcourir pour remonter par le tuyau de décharge, destiné à ramener à la chaudière l'eau condensée dans la chemise : de sorte que les machines dont les tuyaux d'introduction ne sont pas assez larges, éprouvent souvent cet accident, qui porte une boue dangereuse dans la chemise et jusque dans les cylindres et les pistons.

87. D'un autre côté, pour conserver à la machine toute sa force, cette résistance d'un tuyau étroit, en diminuant la tension dans la chemise, exige par conséquent dans la chaudière, un accroissement de température, qui augmente ainsi toutes les pertes par les

masticages qu'il fatigue, et par les surfaces, et surtout accroît la dépense de combustible, en diminuant la différence de température entre le feu et l'eau de la chaudière : d'où il résulte qu'il ne peut plus passer autant de chaleur à travers la fonte, et qu'une partie de l'effet de la houille est détruit.

88. Il peut même arriver qu'avec un bon fourneau et un feu vif, ce tuyau trop étroit, ne soit plus capable de débiter toute la vapeur produite, et que l'on se trouve exposé à des accidens graves. On pourrait en citer qui paraissent dus à cette cause. Au reste, le moindre inconvénient est de rendre toujours les machines lourdes. Il n'y en a, au contraire, aucun à donner au tuyau d'introduction un diamètre plus grand, qui, au lieu de 55 millimètres, que quelques constructeurs ont adopté pour les tuyaux des machines de 16 chevaux à moyenne pression, doit avoir environ 60 millimètres, c'est-à-dire présenter à la vapeur un passage quatre fois plus grand.

Dans les machines à basse pression, comme dans tous les chauffages à vapeur, il est plus important encore de donner un grand diamètre aux tuyaux; pour une machine de 16 chevaux, il doit s'élever à 12 ou 15 centimètres au moins, parce qu'il n'existe plus alors dans la chaudière qu'une tension très-faible, qui doit cependant donner à la vapeur la vitesse considérable dont elle a besoin pour remplir assez rapidement le cylindre.

89. *Du robinet et du tuyau de décharge.* L'eau qui provient de la vapeur condensée dans la chemise,

est tantôt ramenée dans la chaudière par un large tuyau de décharge, tantôt jetée immédiatement dans le condenseur par un petit robinet *c* placé au bas de la chemise, chassé fortement dans la fonte, et dont on règle l'ouverture de manière à ne livrer passage qu'à l'eau seule, sans laisser échapper de vapeur.

Cette eau est toujours trouble, parce qu'elle entraîne les matières terreuses que la vapeur porte dans la chemise; et l'on évite ainsi les dépôts qui s'y amassent, lorsque, pour ne pas perdre le peu de chaleur contenue dans cette eau de condensation, on la renvoie à la chaudière par le tuyau de décharge; car son écoulement étant alors plus lent, elle dépose une partie de ces matières sur son chemin, et obstrue souvent la partie inférieure de la chemise.

90. Si cependant on attachait à la perte de cette eau chaude, plus d'importance que nous ne croyons convenable de le faire, on pourrait aussi adapter en même temps à la chemise, un tuyau et un robinet de décharge : on ouvrirait ce dernier de temps en temps pour laisser passer un courant rapide de vapeur, capable de détacher et de balayer tous les dépôts amassés. Il sera utile, en outre, de passer par le robinet, un fil-de-fer dans toute la chemise, pour en détacher les crasses, et les livrer plus facilement à l'action du courant de vapeur.

91. L'addition du tuyau de décharge nous paraît, en somme, inutile, parce que l'on peut également bien balayer la chemise avec de la vapeur, sans l'employer, et que l'économie de combustible, qui ré-

suite du retour de l'eau condensée à la chaudière, ne s'élève pas à 5 ou 6^{ks} de houille, sur 24 heures de travail, dans une machine de 12 à 16 chevaux. Or, il est impossible d'entretenir assez bien une machine, pour que sa consommation ne varie pas chaque jour dans des limites beaucoup plus grandes, par des causes très-légères et souvent impossibles à apprécier; et, en outre, le plus léger accident qui serait dû à l'emploi du tuyau de décharge, enlèverait à la fois toute l'économie ainsi obtenue pendant une année.

92. Le robinet de décharge est aussi très-utile pour vider complètement la chemise, quand on est obligé d'arrêter la machine, pendant quelques jours, en hiver, parce que si l'eau qu'on y pourrait laisser venait à se geler, la chemise serait infailliblement fendue. Nous avons eu plus d'un exemple de cet accident. On ne peut pas prendre les mêmes précautions pour le tuyau à vapeur et le tuyau de décharge; mais il faut avoir soin de les envelopper de lisières de drap, ou de paille, ou d'une couche épaisse de charbon, et s'assurer qu'ils ne sont pas bouchés par la glace, quand on rallume le feu après un ou deux jours de repos.

Ces deux tuyaux doivent être munis chacun d'un robinet, afin de pouvoir arrêter la vapeur qui continue à se condenser, sans utilité, dans la chemise, lorsqu'il faut laisser la machine quelque temps en repos, et qui, par cette incommode chaleur, rend beaucoup plus fatigant le travail qu'on est souvent obligé de faire dans sa chambre.

93. *Du parallélisme des cylindres.* Une des condi-

tions les plus importantes pour la bonté d'une machine de Woolf, est sans contredit le parallélisme parfait de ses deux cylindres, sans lequel on ne parviendrait jamais à les placer tous deux verticalement. On voit souvent des cylindres fort bien ajustés dans l'atelier de construction, n'être plus parallèles après un transport de 100 lieues et plus, parce que les trois vis *ddd* (fig. 4 et 5), qui traversent la chemise, et les maintiennent, ont changé de position. Rien de plus facile, que de desserrer ces vis, d'enlever le mastic *e* qui réunit les cylindres à la chemise, et de les redresser avec toute la rigueur possible, lorsque les mécaniciens ont eu la précaution de laisser les têtes des vis apparentes sur la chemise.

94. Le meilleur moyen à employer pour dresser les deux cylindres, est de mettre la chemise d'aplomb, aussi bien qu'on pourra le faire : puis d'y placer les deux cylindres, et de rendre chacun d'eux parfaitement perpendiculaire, en les réglant successivement avec un niveau formé d'une planche (*Pl. 5, fig. 8*) de 2^m à 2^m $\frac{1}{2}$ de longueur, qui entre à frottement dans chaque cylindre, et sur le milieu de laquelle est tracée une ligne parfaitement parallèle à ses côtés. A la moitié de la hauteur de la planche, et sur cette ligne, une ouverture reçoit le plomb attaché à un fil très-délié, qui descend du haut de la planche sur la ligne du milieu. On dresse le cylindre jusqu'à ce que, en tournant le niveau dans tous les sens, le fil à plomb couvre toujours la ligne verticale de la planchette. Quand cette opération est faite sur les deux cylindres,

on peut compter sur leur parallélisme. Il faut alors les mastiquer avec le plus grand soin et resserrer les vis pour qu'elles maintiennent les cylindres dans une position invariable, sans cependant les comprimer, parce que le cylindre, n'étant pas parfaitement rond, ne se trouverait plus fermé complètement par le piston. Or, ce dernier danger est beaucoup plus réel que l'on ne serait porté à le croire; il se présente tous les jours dans l'alésage des cylindres; et on les voit s'aplatir d'une quantité sensible sous la pression de la chaîne de fer qui les retient. Quand les têtes de vis sont noyées dans la fonte, il faut les découvrir, y forer au travers un trou un peu plus grand, le tarauder et y mettre de nouvelles vis, dont on laisse dessailler la tête.

95. *Rupture du fond du petit cylindre.* Le fond des cylindres ff, qui y est mastiqué à queue d'hironde, vient quelquefois à se fendre par un choc de piston, ou se trouve en partie démastiqué; de manière que la vapeur passe immédiatement de la chemise dans le cylindre et delà dans le condenseur, pendant une partie de la course du piston, si la fente s'est faite dans le grand cylindre.

Si c'est au contraire le petit cylindre qui s'est brisé ou démastiqué, bien que la perte de vapeur soit moins grande puisqu'elle va encore travailler sur le grand piston, cependant elle gêne beaucoup la marche de la machine, en résistant à son action pendant la descente du piston, et, si la fente était assez large, elle pourrait l'arrêter. On ne peut recon-

naitre positivement les fentes du petit cylindre , qu'en enlevant le piston , et envoyant de la vapeur dans la chemise.

96. *Symptômes de la rupture du fond du grand cylindre.* Le premier signe auquel on peut reconnaître la communication établie entre la chemise et le grand cylindre , et le passage direct et inutile de la vapeur au condenseur , est l'échauffement extraordinaire de ce dernier , et la blancheur de son eau troublée par des matières terreuses. Pour s'en assurer , il suffit d'arrêter un instant la machine dans la position où les pistons commencent à descendre , et où , par conséquent , la partie inférieure du cylindre est en communication libre avec le condenseur. Si le cylindre est fendu ou démastiqué , la vapeur continue toujours à échauffer le condenseur , sans que la machine travaille , et à y porter de l'eau blanchie par les dépôts terreux de la chaudière.

Si le masticage seul est détruit , la réparation en est facile ; il faut enlever le cylindre de la chemise , mastiquer de nouveau le fond , puis le remettre en place avec les précautions que nous venons d'indiquer pour le dresser.

97. S'il y a une fente légère , on peut encore la réparer complètement , avec un bon masticage maintenu par une plaque de tôle et une forte bande de fer serrée autour du cylindre au moyen de vis , ou mieux par une plaque taraudée et des vis de cuivre , comme nous l'avons dit en parlant du raccommodage des bouilleurs. En tout cas , il est facile de découvrir les

fuites ou les défauts de fonte par lesquels la vapeur pourrait passer dans les cylindres , en enlevant les plateaux et les pistons , et envoyant dans la chemise de la vapeur à une forte tension qui se fait promptement jour à travers les fentes.

98. Quant au masticage supérieur qui réunit les cylindres à la chemise , sans cesse exposé aux dilatactions et condensations inégales de ces trois pièces , et à la forte tension de la vapeur , il se fend et laisse souvent échapper une petite quantité de vapeur , qui , sortant de la chemise , ne peut altérer en rien la marche de la machine. Il est très-difficile d'arrêter complètement ces fuites , qui d'ailleurs deviennent insensibles dès que la machine travaille ; et l'on n'y réussit guère et pour quelque temps seulement , qu'en renouvelant entièrement le masticage. Il est probable que ces fuites sont souvent dues à l'allongement que les cylindres éprouvent par le haut , sous l'action de la chaleur , quand ils sont retenus trop solidement par leurs vis de pression. Aussi , ne doit-on pas serrer ces vis plus fortement qu'il n'est nécessaire pour maintenir les cylindres dans leur position verticale. Lorsque les cylindres sont rayés , ce qui a lieu souvent quand les ressorts des pistons viennent à se briser , il faut les alaser de nouveau ; sans quoi l'on perdrait inutilement une très-grande quantité de vapeur qui passerait directement au condenseur (107)

99. Le masticage des plateaux qui ferment les cylindres ne peut être bien fait que quand le bord des cylindres est dressé et tourné avec soin , sur une lar-

geur de 35 à 40^m (15 à 18^l) et parfaitement perpendiculaire au cylindre.

On trouvera dans l'article relatif aux mastics, la composition du mastic rouge et la manière de l'employer pour le masticage des plateaux et de toutes les autres pièces d'une machine.

Nous dirons seulement ici que, quand on descend le plateau sur le masticage, et quand on a mis tous les boulons en place, sans les serrer, il faut les serrer lentement, à plusieurs reprises différentes, et les uns après les autres, afin que le mastic soit également comprimé, le plateau bien placé d'aplomb, la tige du piston exactement au milieu du chapeau *a*, (fig. 6) de la boîte à étoupes, et que ce chapeau joue librement autour de la tige sans être bridé d'aucun côté, car il l'userait alors rapidement. Pour le vérifier avec plus de certitude, il faut, pendant que l'on serre les boulons des plateaux, placer le balancier dans différentes positions, surtout au bas de la course des pistons, parce que c'est dans cette position que les tiges, étant entièrement maintenues par le piston et le plateau, pourraient être le plus dangereusement forcées, dans le cas où leur course ne serait pas parfaitement perpendiculaire.

Si le bord des plateaux est assez mal dressé pour que l'on ne puisse pas parvenir, en serrant les écrous, à maintenir la tige au milieu de la boîte à étoupes, il faudra augmenter la quantité de mastic du côté qui est trop faible, ou même, au besoin, mettre une demi-rondelle de plomb par-dessus la première, et la mastiquer de même.

100. Les écrous qui maintiennent les plateaux doivent être serrés avec force sur le mastic, tandis qu'il est encore mou. S'il s'y déclarait pendant le travail de la machine, quelques fuites qui laisseraient entrer l'air dans le grand cylindre, et rendraient la machine lourde, il ne faudrait pas essayer de serrer de nouveau les écrous sur le mastic sec ; mais, au lieu de lever les plateaux et de les mastiquer de nouveau, ce qui est une dépense assez importante de temps et de mastic, il faudrait chasser de l'étaupe enduite de mastic entre le plateau et la rondelle de plomb avec un mattoir un peu mince. On parvient ainsi à arrêter complètement les fuites sans difficulté et sans dépense.

Nous avons aussi trouvé utile de remplir de mastic de fonte fortement chassé, tout l'intervalle qui reste après le masticage, entre les cylindres et les plateaux. On n'est plus alors exposé à perdre de la vapeur, ou à laisser pénétrer l'air dans la machine.

Lorsque l'ajustement des plateaux et des cylindres a été bien soigné par le constructeur de la machine, on n'a pas besoin de précautions aussi grandes : nouvelle preuve, s'il en était besoin, que la perfection, dans la construction d'une machine, est un des moyens les plus sûrs et les plus puissants d'économie que l'on ait à employer.

101. Quelquefois la rondelle de cuivre *b* (fig. 6) qui se trouve placée au fond de la boîte à étoupes du plateau, est trop libre : et entraînée par la tige du piston qui monte, elle est ramenée avec un choc violent à sa descente.

Pour corriger ce défaut, on doit élargir légèrement

cette rondelle au dehors , ce qui la fait entrer à force dans la boîte à étoupes , et y rester solidement fixée. On doit en même temps augmenter d'une petite quantité le diamètre intérieur , si le passage de la tige du piston n'est pas assez libre.

102. *De la boîte à étoupes.* Les étoupes dont on remplit les boîtes des plateaux , doivent être fines et douces , en un mot , de belle qualité. Celles de chanvre sont les meilleures. Il faut surtout les employer très-propres et sans poussière , parce que les moindres cailloux ou matières dures , qui s'y trouveraient , raieraient et useraient rapidement les tiges des pistons , et livreraient passage à l'air , à travers la boîte à étoupes. Il en serait de même si elles étaient dures. On les tord et on les frotte desuif ; on les serre à plusieurs-reprises au moyen du chapeau de la boîte et de ses écrous pour les tasser , jusqu'à ce que la boîte soit complètement pleine , et l'étaupe fortement serrée. A mesure qu'elle se tasse par le travail de la machine , on resserre les écrous , ou même on en ajoute de nouvelle pour empêcher l'air d'entrer dans les cylindres , et surtout dans le grand , où il pénètre bien plus facilement parce que le vide s'y produit à chaque course de piston.

On s'aperçoit que l'air entre dans le cylindre , quand la graisse fondue dont on remplit le chapeau de la boîte à étoupes , est rapidement absorbée par le cylindre et passe au condenseur dont elle va salir l'eau.

103. Lorsque l'étaupe est dure et peu graissée , et que l'on serre trop fortement les écrous , le frottement

de la tige suffit pour l'échauffer, et la brûler en dégageant une épaisse fumée. On arrêtera sans peine cet accident, en desserrant légèrement les écrous, et remplissant de suif la boîte à étoupes, jusqu'à ce que cette combustion soit arrêtée.

Si l'étoupe est brûlée et charbonnée, on la renouvelle en tout ou en partie.

On doit, tous les huit ou dix jours, recharger la boîte de nouvelles étoupes, à mesure qu'elles se tassent, et après 50 ou 40 jours de service, quand on s'aperçoit qu'en serrant les écrous, on n'arrête plus l'introduction de l'air, et que l'étoupe, devenue dure comme du bois, résiste à la pression, on l'arrache avec un crochet de fer, et on la renouvelle en entier; elle est alors noire et complètement brûlée.

104. L'entretien de toutes les boîtes à étoupes d'une machine est un objet si important, que le manufacturier qui ne les surveillerait pas spécialement, dépenserait, sans aucune utilité, une grande quantité de graisse, constamment entraînée dans le condenseur, et ce qui est bien plus grave, verrait inévitablement l'air qui pénétrerait par toutes les boîtes à étoupes, enlever à sa machine une grande partie de sa force, et comme le font en définitive toutes les maladies des machines, accroître énormément sa consommation de houille.

105. *Raccommodage des cylindres brisés.* Il sera utile d'indiquer ici le moyen de raccommoder avec solidité et propreté la chemise d'un cylindre, si elle venait à se fendre par le bas, et à se détacher de son

fond ; comme cela arrive quelquefois par la gelée , quand on n'a pas la précaution de la vider complètement d'eau au moment où on arrête une machine pour quelque temps.

Il faut faire couler une plaque de fonte , qui entre dans la chemise avec assez de jeu pour la mastiquer autour. On y laisse quatre ou cinq oreilles , qui s'appliquent contre les parois de la chemise. Au travers de celle-ci et de ces oreilles , on passe des vis dont la tête , proprement limée , ou destinée même à être arrondie pour être moins apparente , reste au dehors. Ces vis fixent invariablement la partie supérieure de la chemise à ce plateau de fonte. Pour relier le tout au fond de la chemise , on y perce 8 ou 10 trous que l'on taraude à travers le plateau dont nous venons de parler , et on mastique les vis d'acier que l'on y serre fortement. Par ce moyen , les deux parties séparées de la chemise , se trouvent solidement reliées. Il ne reste plus qu'à mastiquer en dedans , le tour du plateau avec du mastic de fonte , pour empêcher toute fuite. Une chemise ainsi raccommodée , ne présente plus aucune trace de fente , et n'offre pas le moindre inconvénient.

PISTONS.

106. *De l'engorgement du piston.* La maladie la plus ordinaire des pistons est une crasse épaisse et dure , qui remplit entièrement tout l'espace vide occupé par les ressorts (*Pl. 5, fig. 1^{re}*) , et s'oppose à leur

action et au jeu des segmens de cuivre : de sorte que le piston ne formant plus alors qu'une pièce, la vapeur passe sans obstacle de l'autre côté, et la machine perd ainsi une très-grande partie de sa force. A mesure que les pistons se salissent, la puissance de la machine diminue; mais au moment où les crasses se sont accumulées en quantité très-considérable, et où le jeu des ressorts et des segmens cesse tout-à-fait, elle tombe tout à coup : ce n'est qu'avec les plus grands efforts qu'elle enlève sa charge, et la quantité de houille que l'on consomme, devient considérable. Le remède est facile : il suffit de sortir les pistons des cylindres, de les démonter et de les nettoyer; mais on doit faire la plus grande attention, d'abord à ne pas changer la place des segmens, en remontant les pistons; ensuite à renouveler tous les ressorts brisés, ou qui seraient devenus trop faibles; enfin à remettre les pistons dans la position qu'ils occupaient précédemment, parce que le frottement a pour ainsi dire moulé le cuivre sur la fonte, et les a fait joindre parfaitement, et si on les changeait de place, il faudrait souvent plusieurs jours de travail, pour opérer le même ajustement, et jusque-là les pistons laisseraient échapper beaucoup de vapeur.

107. *Des ressorts.* Les ressorts doivent être trempés assez fortement, pour presser sur les segmens et les forcer à joindre avec les cylindres, malgré la résistance occasionnée par le frottement qu'ils exercent les uns sur les autres; mais il faut éviter avec soin de les employer trop raides ou trop longs, car

on userait en peu de mois les segmens de cuivre , et il deviendrait nécessaire de les renouveler : en outre, en serrant les segmens avec une petite corde, pour faire entrer le piston dans le cylindre , on pourrait briser les ressorts. Il faut aussi s'assurer, quand le piston est remonté et prêt à entrer dans le cylindre , que tous ces segmens jouent librement et avec facilité, en les pressant avec la main jusqu'au fond. Si l'on sent une résistance autre que celle de l'élasticité des ressorts, on peut être certain qu'elle est due au dérangement d'une pièce, et l'on doit enlever le plateau de fonte qui couvre le piston , pour rétablir tout en ordre. On a vu souvent un des petits coins de cuivre sorti de son prisonnier, briser des ressorts et pousser, par sa fausse position, un des segmens avec assez de force pour l'user complètement, et venir souvent lui-même frotter et se limer contre le cylindre. Il est dangereux d'employer des ressorts trempés trop durs, ou trop bandés, ou de ne pas donner assez de soins à leur ajustement , parce que quand ils viennent à se briser, un morceau peut s'engager entre les segmens de cuivre et rayer profondément le cylindre. C'est la cause la plus ordinaire de cet accident des cylindres , et il n'y a pas d'autre remède à y apporter que de les aléser (98).

108. La préparation des ressorts est facile, bien qu'elle demande quelques soins. On prend du fil d'acier de 2 millimètres (5/4 de ligne) environ de diamètre , bien recuit; puis, ajustant à un vilbrequin une tige de fer rond, d'un diamètre un peu plus petit

que celui des ressorts que l'on veut obtenir, on attache le bout du fil d'acier au vilbrequin, et tournant celui-ci pendant qu'un ouvrier tient le fil à la main et le laisse couler lentement sur un morceau de bois, on le roule autour de la tige de fer rond dans toute sa longueur; on le sort ensuite de dessus la tige, en desserrant légèrement le boudin de fil d'acier, puis on écarte chacun des anneaux de l'anneau suivant, en faisant passer le tout successivement comme une vis sur le côté d'un burin ou d'un morceau de fer dont l'épaisseur détermine l'écartement de chacun des tours du boudin. On trempe ensuite les ressorts, en ayant soin de chauffer toute leur longueur jusqu'au rouge cerise : on les jette alors dans l'eau froide. Ils se trouvent ainsi trop fortement trempés : pour les faire recuire, on les essuie, on les frotte d'huile, puis on les met sur des charbons ardents jusqu'au moment où l'huile s'enflamme; alors on les jette de nouveau dans l'eau, et leur degré de trempe est convenable.

On peut aussi les recuire en les plongeant dans du plomb fondu; ce procédé est même plus sûr et donne une trempe plus régulière que la trempe à l'huile. Les ressorts d'acier employés dans les soupapes se trempent par le même procédé.

109. *De la longueur à donner à la tige des pistons.* Quelquefois les pistons descendent si près du fond du cylindre, que pour peu que les clavettes, soit de leur tige, soit du parallélogramme, viennent à se relâcher, ils le touchent, et peuvent le briser. C'est un accident dont il est facile de s'apercevoir aux coups que

l'on entend : il faut, dans ce cas, arrêter de suite la machine, puis enlever la clavette *a* (*Pl. 5, fig. 1^{re}*), qui attache la tige *b* du piston au parallélogramme ; ce qui se fait en soutenant pendant ce temps le piston au moyen de deux mâchoires en bois, qui embrassent sa tige. On passe au travers de ces mâchoires deux boulons, (ceux de la boîte à étoupes, par exemple), que l'on serre fortement, pour que le piston appuyé ainsi sur la boîte à étoupes ne puisse plus descendre. Quand la clavette est enlevée, on fait monter le balancier, qui emporte avec lui la tête de la tige des pistons, et on peut buriner et limer l'extrémité de cette tige, pour en diminuer la longueur et empêcher, par conséquent, le piston de descendre aussi bas. Il faut en même temps descendre d'une quantité égale la mortaise de la clavette, pour que celle-ci puisse conserver du serrage. On redescend alors le balancier, on fait entrer la tête du piston sur tige, on remet la clavette, et on n'oublie pas surtout de l'ouvrir.

110. Si cette clavette venait, en effet, à s'échapper de sa mortaise, le piston qui ne serait plus lié au parallélogramme, serait lancé par la vapeur, avec une force et une vitesse effrayante, tantôt contre le plateau, tantôt contre le fond du cylindre, et ne pourrait manquer de les briser et de rompre le balancier par le choc de sa tige ; on pourrait en citer des exemples. On doit dans ce cas, ainsi que dans tous les accidents qui arrivent à l'improviste, se hâter de fermer le robinet d'introduction de la vapeur, et d'ouvrir ceux qui sont placés sur les cylindres pour arrêter la machine.

111. Quelquefois aussi la tige des pistons ou le cylindre lui-même sont trop courts , et le piston montant au-dessus du trou qui amène la vapeur dans le haut du cylindre , le ferme en partie , ou au moins entrave beaucoup la marche de la machine , en s'opposant d'un côté à la sortie de la vapeur qui a déjà travaillé , et de l'autre à l'entrée de celle qui va travailler sous le piston. Le seul remède est de changer la tige du piston ou les cylindres , suivant l'occurrence. Il ne faut donc pas oublier quand la machine est montée , avant de mastiquer les cylindres , de s'assurer que la course des pistons est bien réglée.

112. *Du jeu que prennent les pistons sur leurs tiges.* On voit parfois la clavette *d* qui serre le gros piston , ou l'écrou *a* fig. 5 , qui serre le petit piston sur leur tige , quoique l'une soit ouverte et l'autre rivé , prendre du jeu. On entend alors les pistons poussés par la vapeur au moment où elle vient agir par-dessous , être lancés avec un choc contre la clavette *d* , ou contre l'embase *b* , sur lesquelles ils devraient être pressés invariablement. L'oreille suffira pour indiquer avec évidence que ce bruit a lieu dans l'intérieur des cylindres , et on concevra facilement qu'il n'ait lieu qu'en bas et non pas en haut de la course des pistons , puisqu'en haut leur poids seul , équilibré pendant leur course par la vapeur , les fait redescendre de toute la quantité dont ils sont librés , à mesure que la vapeur se détend : tandis qu'en bas de la course leur poids les maintenant au bas de l'espace laissé libre par la clavette et l'écrou , la vapeur qui arrive avec force en-dessous le leur fait

franchir avec rapidité et violence. Il faut, dans ce cas, enlever les pistons des cylindres, élargir la clavette si elle est refoulée, ou river avec soin l'écrou après l'avoir fortement serré.

113. La clavette de la tête de la tige des pistons doit être assez serrée pour que cette tête ne tourne pas, et ne joue pas sur l'arbre *c* qui la traverse, mais que l'arbre lui-même tourne dans les grains de cuivre qui portent ses tourillons. Quand l'arbre tourne dans la tête du piston, comme il tourne à sec, on entend un frottement très-dur, et le cri aigu du fer qui s'use contre la fonte; et il y a bientôt assez de jeu pour donner un choc. Un coup de maillet ou de marteau sur la clavette, et la précaution de l'ouvrir plus à fond, suffisent pour arrêter ce bruit.

114. On trouve dans quelques machines à haute pression, d'une assez grande force, des pistons, dont la garniture de cuivre est divisée en trois segmens, au lieu de l'être en six ou même huit; et où les segmens ne sont pressés contre le cylindre que par les trois ressorts qui agissent sur les coins de cuivre placés entre les segmens.

On est alors obligé d'employer des ressorts très-forts et très-durs, et comme ils n'ont que peu de jeu, l'on se trouve ainsi exposé à les laisser ou trop raides, et par conséquent à user rapidement les segmens, ou trop courts, et à voir alors la vapeur passer en abondance au condenseur, sans travailler, parce que les segmens de cuivre ne jouent pas, et ne pressent plus contre le cylindre.

On ferait de grandes pertes en combustible , si l'on ne changeait pas ces pistons , pour y adapter une garniture divisée en six ou huit segmens , et un grand nombre de ressorts plus minces et plus doux.

Nous ferons observer ici que quand on a netoyé et remis des pistons en place, la machine est lourde pendant deux ou trois jours; elle ne reprend toute sa force que lentement; quelque précaution que l'on emploie pour remettre le piston dans la même position, il faut un frottement assez long pour faire joindre parfaitement les surfaces du cuivre et de la fonte.

Tels sont les soins que réclament les pistons métalliques de quelque construction qu'ils soient.

115. *Pistons des machines à basse pression.* Quant aux pistons des machines à basse pression , ils ne se salissent pas comme ceux des machines à haute pression et ne demandent à être démontés que quand les tresses de chanvre qui les entourent commencent à s'user et à laisser passer la vapeur. Il faut avoir soin de serrer fortement les tresses graissées que l'on y remet , et de faire entrer le piston à force dans le cylindre, parce que le frottement lui donne promptement assez de jeu.

ENTABLEMENT ET BALANCIER.

116. On trouvera dans l'article relatif à la pose des machines , les précautions à prendre pour que l'axe de rotation du balancier soit parfaitement horizontal, condition indispensable au réglément du parallélogramme et à la conservation des grains de la bielle et de la manivelle.

117. *Du mouvement que prend l'entablement.* On voit souvent l'entablement d'une machine à vapeur prendre du mouvement dans les murs qui le supportent, parce que les tourillons du balancier agissent, à chaque course des pistons, sur l'entablement, au bout d'un bras de levier fort long, et tendent à le faire tordre. Ce défaut est presque inévitable quand l'entablement est fixé par des boulons à des pièces de bois placées dans les murs, parce que le bois ne faisant jamais corps avec la maçonnerie, s'en détache et s'ébranle immédiatement : le mouvement de l'entablement qui en résulte, communique une secousse fâcheuse à toute la machine.

118. Les mécaniciens doivent éviter, autant qu'ils le peuvent, d'attacher les pièces de fonte à des pièces de bois, toutes les fois qu'ils peuvent les fixer à de la pierre de taille, surtout quand ces pièces de bois ne sont reliées qu'à de la maçonnerie. Ce n'est en effet que sur la pierre de taille que des machines peuvent être solidement et invariablement établies. Il faut donc attacher l'entablement à des pierres de taille, dans lesquelles on scelle des boulons avec du plâtre et de la limaille de fonte, et placer d'autres pierres par-dessus les premières.

119. Pour éviter cet inconvénient dans les fortes machines, on donne aux entablemens deux croix dont les extrémités sont portées sur quatre colonnes qui s'opposent à tout mouvement latéral, comme on les voit ponctuées *Pl. 4, fig. 7, a et b*. Nous avons atteint le même but dans les petites machines en coulant les deux extrémités de l'entablement en croix *c* : cette croix se trouve

posée, et même, si l'on veut, boulonnée dans les deux murs de la chambre de la machine, sur une pierre de taille *d*, et recouverte par une autre pierre très-forte *e*; de sorte que tout mouvement devient impossible, si ce n'est qu'il s'opère dans l'entablement un léger mouvement de torsion, mais qui ne se communique pas jusque dans le mur.

120. *Du jeu que prennent les boules du balancier.* Quelquefois les boules *a*, pl. 4, fig. 3, des têtes du balancier prennent du jeu et occasionnent dans la machine une secousse assez forte et dont la cause est difficile à reconnaître. On y parvient cependant avec quelque expérience, en posant la main sur les boules pendant que la machine marche, après avoir cherché inutilement la cause de ce choc dans la tête de la bielle, dans la manivelle, et dans le parallélogramme; et on corrige ce défaut en démontant à moitié la boule *a*, faisant entrer dessous une feuille de cuivre mince, qui ôte tout le jeu, et forçant, à grands coups de maillet, la boule à rentrer à sa place par-dessus la feuille de cuivre.

PARALLÉLOGRAMME.

121. Quelque importante que soit la connaissance complète du parallélogramme, nous ne donnerons pas ici les procédés employés pour le tracer et le construire. L'ouvrier chargé du soin d'une machine à vapeur, reçoit des mécaniciens le parallélogramme construit et monté; et il lui suffit de savoir le monter et le

régler au besoin et de pouvoir en reconnaître les défauts. Nous prendrons pour exemple le cas le plus difficile. Celui, où le parallélogramme d'une machine à deux cylindres est tellement dérangé, où les grains de cuivre sont tellement fatigués, qu'il devient nécessaire de le démonter en entier.

122. *Du nettoyage du parallélogramme.* La première précaution à prendre est de séparer avec soin toutes les pièces, de manière à les remettre exactement en place, c'est-à-dire, à ne pas changer de côté les pièces semblables, comme, par exemple, les bras qui soutiennent les arbres auxquels sont attachées les tiges de pistons; attendu qu'elles sont ajustées pour une place et des tourillons spéciaux, et que, changées de situation, elles occasionnent des frottemens nouveaux et rendent souvent la machine très-lourde.

On doit donc, en démontant le parallélogramme, en repérer toutes les pièces avec le plus grand soin, si elles ne le sont pas d'avance. On les nettoye toutes l'une après l'autre, pour ne pas mêler les clavettes, les grains de cuivre, ou les vis qui appartiennent à chacune d'elles, et pour éviter toute erreur, on remonte chaque pièce après qu'elle est nettoyée.

Si l'on est obligé d'employer l'émeri fin, lavé à l'eau, pour enlever les taches de rouille, il faut prendre beaucoup de précautions pour n'en pas laisser dans les grains de cuivre qui seraient bientôt usés.

123. *De l'usure de ses grains.* L'accident auquel les parallélogrammes sont le plus fréquemment exposés, est l'usure des grains de cuivre, occasionnée par la négli-

gence des chauffeurs, qui serrent trop fortement les clavettes ou les laissent trop lâches; dans le premier cas, ce frottement extraordinaire échauffe les grains et les lime; dans le second, les chocs continuels les écrasent et les usent. On trouvera dans la 3^e partie un article sur les procédés à suivre pour entretenir et réparer les grains usés ou échauffés.

Quand les coups suivis que donne une machine sont dus à une clavette desserrée, il suffit de la resserrer légèrement avec un maillet en bois, ou un marteau de cuivre, parce qu'un marteau de fer aurait bientôt écrasé et déformé toutes les pièces du parallélogramme. Lorsque les grains de cuivre, par suite d'une trop grande usure, se touchent, et que la clavette ne peut plus, par conséquent, les serrer, il faut, ou les recharger d'une feuille de cuivre, comme nous le dirons plus loin, ou en limer les côtés pour leur donner du serrage.

124. *Montage des pièces.* Quand toutes les pièces du parallélogramme sont ainsi nettoyées et remises à neuf, on les remonte, en prenant soin, nous le répétons, de ne pas changer de côté les pièces semblables et de les placer, en outre, dans leur véritable sens. Le moyen le plus facile pour se guider sûrement est de faire attention aux lumières que l'on a réservées dans chaque pièce pour graisser les grains de cuivre. Ces lumières doivent nécessairement se trouver à la partie supérieure des pièces comme dans le bras de rappel, ou en dehors, comme dans les bras des pistons afin de rendre le graissage plus facile. En satisfaisant à ces deux condi-

tions et en ayant soin de mettre la tête des clavettes du côté de la colonne, il est impossible de se tromper. Lorsque tout est en place et que les tiges des pistons sont entrées dans leur tête, et fixées par les clavettes que l'on a ouvertes au burin, les bras de la colonne boulonnés à l'entablement et les bras de rappel à leur place, il ne reste plus qu'à régler le parallélogramme, de manière qu'aucune pièce ne fatigue et que les tiges des pistons soient parfaitement parallèles, et restent perpendiculaires pendant toute leur course. Observons que toutes les conditions indiquées ici doivent être rigoureusement observées, pour que le parallélogramme soit bien réglé, et la machine en état de soutenir un long et fort travail, sans une trop grande fatigue.

125. *Son règlement.* La première opération est de s'assurer que l'axe *a*, pl. 4, fig. 6 de la traverse de la colonne et la ligne horizontale *ab* qui passe par cet axe, partagent exactement en deux parties égales : 1° la course de la tête *e* du grand piston ; 2° l'arc de cercle *cbd* du bras de rappel. C'est ce que l'on vérifie en mettant la manivelle au plus haut et ensuite au plus bas de sa course, et mesurant dans chacune de ces positions extrêmes la distance perpendiculaire des points les plus élevés et les plus bas, à la ligne horizontale *ab*, passant par la tête *a* de la colonne : d'abord pour l'arc de cercle décrit par le bras de rappel, ensuite pour l'axe *e* de l'arbre du grand piston : et si l'arc de cercle n'est pas partagé exactement en deux parties égales, on raccourcit la colonne ou on l'allonge au moyen de rondelles de fer, jusqu'à ce qu'elle partage cet arc de cer-

cle en deux parties égales. Si alors la course de la tête e du piston n'est plus partagée en deux, par une ligne horizontale passant par l'axe a de la traverse de la colonne, et le milieu de l'arc de cercle cd du bras de rappel, on baisse le point où s'attache le piston, ou on le relève en rechargeant les grains de cuivre dessus ou en dessous. La plus grande exactitude est nécessaire pour cette vérification, de laquelle dépend tout le réglage du parallélogramme.

126. Lorsqu'une machine est bien construite et bien montée, au moment où le balancier est horizontal, il doit se trouver exactement au milieu de sa course, de sorte que dans cette position les axes e de la tête du piston et le bras de rappel, c'est-à-dire, les axes abf de la colonne et des ellipses du condenseur et du petit piston doivent être parfaitement de niveau, comme nous venons de le dire. Il arrive cependant assez souvent que le balancier ne se trouve pas horizontal quand il est au milieu de sa course; c'est un défaut de montage qui n'a pas d'autre inconvénient que de forcer à changer les proportions de la colonne, pour que son axe partage en deux parties égales l'arc de cercle du bras de rappel et la course du piston. On doit cependant l'éviter quand on monte une machine, parce que les parallélogrammes sont construits pour que le balancier monte et descende d'une quantité égale au-dessus et au-dessous du niveau de son axe de rotation.

127. Il faut ensuite s'occuper de rendre les tiges des pistons parfaitement parallèles, jusque dans les positions extrêmes. Pour cela, les pistons étant au sommet

de leur course, on prend rigoureusement, au moyen d'une règle, la distance qui se trouve entre les deux tiges *em* et *hi*, auprès des boîtes à étoupes, puis remontant jusqu'en haut la règle que l'on a coupée à la longueur exacte, on voit avec la plus grande facilité si l'intervalle des deux tiges est partout égal; s'il ne l'est pas, on approche, ou on éloigne la tige du petit piston, de celle du grand, au moyen des quatre écrous du chariot qui conduisent l'ellipse et les bras du petit piston.

Ce mouvement s'opère en desserrant les deux écrous du côté où l'on veut pousser la tige, et serrant d'une quantité égale les deux écrous opposés, de manière cependant à ne pas maintenir les bras trop serrés, mais à y laisser constamment un peu de jeu, principalement du côté du grand piston; car alors, surtout si la tige de ce piston fléchit, les tringles du chariot pourraient se briser par l'effort qu'elles supportent; il faut en même temps vérifier cet écartement des tiges des pistons en le comparant à la distance des axes des deux cylindres que l'on doit connaître d'avance et qui doit leur être égale.

128. Mais ce n'est pas assez de rendre les deux tiges de piston parfaitement parallèles, il faut encore qu'en faisant avancer d'un côté ou de l'autre l'arbre qui porte la tige du petit piston, on le fasse marcher carrément, c'est-à-dire que le côté droit, par exemple, ne marche pas plus que le côté gauche. Pour s'en assurer, il faut, avec un grand compas, mesurer la distance de l'axe *e* de l'arbre du grand piston, à l'axe *f*

de l'ellipse du petit piston; cette distance doit être égale des deux côtés du balancier. Si elle ne l'est pas, on l'égalise au moyen des quatre écrous de l'ellipse qui servent, comme on le voit, à mettre les deux tiges parallèles et les arbres qui les portent, d'équerre sur l'axe *ab*, *fig. 5*, du balancier.

129. De plus, la distance de l'axe *e* de l'arbre du grand piston à celui *f* de l'ellipse du petit, et la distance de l'axe *f* de l'ellipse du petit piston à l'axe *b* de l'ellipse du condenseur, doivent être égales aux distances *no* et *op* des tourillons qui portent les bras du grand et du petit piston, et du condenseur : sans quoi les quatre côtés du parallélogramme qui doivent être parfaitement égaux deux à deux, ne seraient pas parallèles, et la course des pistons ne pourrait jamais être perpendiculaire, ce qui serait un défaut grave de construction; on vérifie ces distances au compas.

130. On s'assure aussi qu'il y a une distance égale des deux côtés du balancier, entre l'axe *f* de l'ellipse du petit piston et celui *b* de l'ellipse du condenseur. Ce que l'on régularise au moyen des écrous placés au bout du chariot.

131. Lorsque les tiges des pistons sont ainsi parfaitement parallèles et le parallélogramme d'équerre sur l'axe du balancier; lorsque les distances des différents bras entre eux, ont été parfaitement réglées et vérifiées; il faut s'assurer que la traverse de la colonne *ce*, *fig. 5*, est bien perpendiculaire à l'axe du balancier.

Pour cela, on prend avec un compas la distance entre le centre *f* de la tête du grand piston, marqué

par la pointe du tour, et chacune des extrémités de la traverse *ec*. On trouve toujours sur la partie supérieure du bras de rappel des coups de pointeau ou des trous pour graisser les grains. C'est sur ces lumières que l'on peut se régler avec le plus de certitude; il faut que ces deux distances *ef* et *ef* soient égales entre elles, c'est-à-dire que les deux côtés du triangle que forment les deux bouts de la colonne avec le centre de la tête du grand piston soient égaux: autrement la traverse de la colonne serait évidemment gauche, et par le moyen du bras de rappel, elle forcerait, à chaque coup de piston, le parallélogramme à se jeter de côté. En même temps les bras de la colonne *og* et *eh* seraient alternativement tendus ou courbés, et si la différence était trop grande, une des pièces devrait nécessairement se briser. On doit cependant observer en mesurant cette distance, que la tête du piston n'est pas toujours exactement sur le grand axe du balancier, c'est-à-dire au milieu de la largeur du parallélogramme, et que, quand ce défaut existe, il faut prendre les mesures de manière à mettre la traverse de colonne et par conséquent le parallélogramme d'équerre, non plus sur la tête des pistons, mais sur le grand axe du balancier, à l'aplomb de son point de centre. C'est à l'aide des deux bras de la colonne *og* et *eh* qui vont se fixer dans l'entablement au moyen de quatre écrous que l'on règle la colonne, en raccourcissant ou rallongeant à volonté l'un ou l'autre de ces bras.

132. Quand toutes les pièces du parallélogramme sont ainsi parfaitement réglées et les deux tiges des

pistons parallèles, il faut examiner avec un fil à plomb, si elles sont perpendiculaires; supposons qu'il n'en soit pas ainsi, et qu'elles penchent, par exemple, du côté de la colonne: il faut les faire rentrer en ramenant la colonne et tout le parallélogramme, au moyen des bras *cg* et *eh* de la colonne, desserrant par conséquent les écrous qui sont du côté des cylindres, et serrant derrière l'entablement ceux qui sont placés du côté de la roue de volée.

153. Après avoir ainsi réglé la marche de la tête du grand piston, celle de la tête du petit piston se détermine facilement. Il suffit de savoir pour cela que l'axe *h*, *fig. 6* de ce dernier, ou mieux de son arbre, comme aussi celui *q* du condenseur, doivent être placés exactement sur une ligne droite, qui va de l'axe *c* de l'arbre du grand piston, à l'axe de rotation *g* du balancier. Il faut alors remonter ou descendre l'arbre du petit piston, s'il n'est pas rigoureusement sur cette ligne, en chargeant ou limant les grains de cuivre de ses bras.

154. Il en est de même de l'arbre *q* du condenseur, qui se trouve sur la même ligne et se règle par le même procédé. Cependant il y a moins de danger à laisser une légère erreur dans le réglage de cet arbre, parce que sa tringle a une grande longueur et des articulations qui lui donnent assez de jeu, pour qu'il n'y puisse jamais arriver d'accident.

155. Quand les tiges des pistons sont ainsi parfaitement perpendiculaires et parallèles; quand la course des bras de rappel et celle de la tête du grand piston

sont coupées exactement en deux parties égales par la ligne horizontale *ab*, qui passe par l'axe de la traverse de la colonne ; quand la traverse de la colonne et les divers bras du balancier sont placés d'équerre sur l'axe de la machine ; quand les arbres des deux pistons et du condenseur ont leurs axes sur une ligne qui va de celui du grand piston, à l'axe de rotation du balancier ; et si, outre ces premières conditions, les deux cylindres sont bien d'aplomb et parallèles entre eux, on peut être sûr que le parallélogramme est bien réglé et que les tiges de piston descendront verticalement.

136. En tout cas, les manufacturiers ou les chauffeurs qui hésiteraient, dans quelques-unes de ces vérifications, agiront toujours prudemment, en réglant le parallélogramme au bas de sa course, au moins pour ce qui concerne l'écartement des tiges de piston ; parce que celles-ci ont par elles-mêmes assez de flexibilité pour se plier sans un grave inconvénient, dans le cas où elles seraient légèrement forcées au haut de leur course, tandis que, si elles sont gênées au bas de leur course, maintenues de force par les boîtes à étoupes, il faut nécessairement que les bras du chariot cassent.

137. Lorsque cet accident arrive, on voit quelquefois une des parties de ces bras devenue libre par une de ses extrémités, venir frapper perpendiculairement le plateau du cylindre, assez violemment pour occasionner la fracture du balancier. Il est donc prudent d'attacher ces bras au balancier au moyen de petites chaînes, pour retenir, au besoin, leurs extrémités qui viendraient à se briser.

BIELLE ET MANIVELLE.

138. *Des grains de la bielle.* L'effort considérable et continu qu'ils supportent les grains de la bielle, dans le changement de direction de tout le mouvement de la machine, les expose à être fréquemment usés, si l'on oublie de les graisser régulièrement et de déboucher avec soin les lumières, qui se remplissent promptement de cambouis. On s'aperçoit facilement du jeu que prennent les tourillons de la boule du balancier dans les grains de cuivre de la tête de la bielle, lorsque la machine donne un choc au passage supérieur de la manivelle; quoique ce choc puisse encore avoir pour cause un jeu dans les boules du balancier, ou dans les bras du parallélogramme. Si les grains de la tête de la bielle ne sont ni usés ni attaqués, il suffit de resserrer les clavettes *b* (*Pl. 4, fig. 1*); mais s'ils le sont, ce que l'on reconnaît à la poussière de cuivre limé qui en tombe, et encore mieux à la forte chaleur qui se dégage, il faut arrêter la machine de suite, enlever les grains de cuivre, les refroidir, ainsi que la bielle, avec de l'eau fraîche, les nettoyer et les graisser comme les tourillons; et si le cuivre est assez usé pour que la clavette ne puisse plus serrer, mettre sous le grain une épaisseur en cuivre ou le recharger.

139. On voit aussi les grains supérieurs de la tête de la bielle se déranger de leur place, parce qu'ils sont ordinairement ronds, et que, rien ne les retenant, ils glissent de côté; de sorte que, la lumière des grains

ne correspondant plus à celle de la frette, l'huile n'y pénètre pas, et le grain se lime et s'échauffe. Il suffit alors, pour prévenir tout nouvel accident de ce genre, de fixer le grain de cuivre, en y ajustant une petite clef qui l'empêche de tourner dans sa frette.

140. *Des grains de la manivelle.* Le grain *a*, (fig. 2), de la manivelle, dans lequel s'opère la transformation du mouvement de va-et-vient en mouvement circulaire, et qui fatigue par conséquent beaucoup, est encore plus exposé à se limer, et à s'échauffer que ceux de la bielle. Aussi, doit-on avoir le plus grand soin de le graisser, toutes les douze heures, à fond, avec du bon suif, et mieux avec de la graisse animale, mêlée de plombagine, ou de talc passé au tamis de soie. Le remède à apporter, lorsqu'il s'échauffe, est le même que celui indiqué ci-dessus : nettoyer le grain et le prisonnier *b*, les arroser d'eau froide et les graisser. Mais, comme le cuivre frotte ici contre du fer, il s'y attache en s'échauffant, et le pénètre de telle sorte qu'on ne peut l'enlever qu'avec la lime, ou mieux en remettant le prisonnier *b* sur le tour. Cette opération est absolument nécessaire; car, lorsque le fer du prisonnier est ainsi combiné avec le cuivre, par le frottement et la chaleur, il s'échauffe constamment avec la plus grande facilité, et renouvelle à chaque instant le même accident, ce que l'on ne peut éviter qu'en enlevant tout le cuivre et en mettant le fer à nu.

141. Lorsque les grains de cuivre de la manivelle viennent à s'user, et que la clavette ne suffit plus pour les serrer exactement sur le prisonnier, celui-ci, en

jouant dans les grains, donne un choc à chaque passage inférieur de la manivelle : il en est de même quand la clavette *c*, n'étant pas assez ouverte, vient à se desserrer. Dans ce dernier cas, un coup de maillet donné en marchant suffit pour arrêter le choc. Mais si les grains sont usés et ne peuvent plus se serrer, soit parce qu'ils se touchent entre eux, soit parce qu'ils sont trop minces, et que la clavette tout-à-fait à fond ne les presse plus, il faut buriner et limer le haut des grains pour leur permettre de se rapprocher, et mettre une épaisseur en cuivre ou en fer entre le grain et la clavette, ou mieux encore recharger, comme nous le dirons plus loin, le grain ou la contre-clavette *d*, parce que les épaisseurs peuvent se déranger.

RÉGULATEURS.

142. *Des boîtes à vapeur et soupapes à moyenne pression.* Avant d'exposer la manière de régler les soupapes des machines à moyenne pression à deux cylindres, et en premier lieu, celles de la construction de *Hall*, il sera nécessaire d'indiquer les précautions à prendre pour poser les boîtes à vapeur, parce que l'on est souvent forcé, par divers accidens, à démonter ces boîtes, et qu'il faut les replacer avec la plus grande exactitude. Les *fig. 5, 7, 8, 9, Pl. 6* et *fig. 6, Pl. 4*, en donnent le tracé.

143. *Pose des boîtes à vapeur : de leur perpendicularité.* On les met d'abord à leur place, en les fixant par leurs boulons, mais en laissant du jeu, de ma-

nière à les pouvoir faire varier de position : puis on en place une bien perpendiculairement, ce qui s'obtient en faisant tomber un fil à plomb, à travers l'ouverture des soupapes, et s'assurant, avec compas, que ce fil passe exactement au centre de la boîte, en haut et en bas, suivant la ligne *ab* et *cd* (fig. 5 et 9); on fait marcher les écrous des boulons, jusqu'à ce que l'on ait atteint rigoureusement cette perpendicularité.

144. *De l'écartement des boîtes.* Quand la première boîte est ainsi arrêtée d'une manière fixe, on règle la position de la seconde, en faisant attention que l'écartement de ces boîtes entre les deux petits paliers *e* et *f* dans lesquels passent les tringles *gg* de l'excentrique *h*, doit être égal à la longueur de la traverse *i* du chariot de l'excentrique qui porte le pied de ces tringles, et à la longueur des deux bras ou manivelles, *l* et *m*, des soupapes qui en réunissent les sommets.

145. *Des tuyaux de communication.* En plaçant les boîtes, on a soin d'y ajuster préalablement les deux tuyaux *nn*, qui servent de communication entre elles, et qui ne pourraient plus ensuite entrer dans leurs boîtes à étoupes, où ils ont cependant assez de jeu pour pouvoir varier au besoin l'écartement des boîtes. Ces tuyaux étant mis en place, et l'écartement et la perpendicularité des deux boîtes étant parfaitement vérifiés, afin que les soupapes montent et descendent perpendiculairement, sans quoi elles s'useraient plus d'un côté que de l'autre, on serre définitivement les boulons des boîtes, pour joindre les lèvres *oo* (fig. 7 et 8), réservées

autour des trous à vapeur *pq*, etc., qui établissent la communication des boîtes avec la chemise et les cylindres. Ces lèvres doivent être burinées et dressées avec soin.

146. On ne doit pas oublier, en posant la boîte du petit cylindre, d'ajuster un bout de tuyau en cuivre *r*, dans le conduit d'apport de la vapeur *s*, et dans l'ouverture correspondante de la boîte. Ce dez permet de serrer très-fortement le mastic autour de cette ouverture, pour empêcher toute communication de la vapeur d'une ouverture à l'autre, sans avoir à craindre de boucher le trou même. L'espace *tt* qui reste entre la boîte et le rebord de fonte des cylindres, quand les boulons sont serrés, ne doit pas avoir plus de 5 ou 6 lignes de largeur; parce qu'autrement le mastic de fonte ne s'y comprime pas également sous le mattoir, ou il faut employer plus de précautions encore, et des mattoirs très-épais; car il cède des deux côtés et ne durcit pas.

147. Le masticage se fait au mastic de fonte. Pour l'opérer, on commence par fermer deux côtés de l'espace à remplir avec deux petites planchettes; puis on le remplit de mastic de fonte employé par petites parties et successivement, frappé fortement et long-temps avec un mattoir de fer, jusqu'à ce qu'il refuse de se serrer davantage, et résiste aux coups de marteau comme de la fonte. Toutes les parties qui enveloppent les conduits de la vapeur, et surtout les espaces qui les séparent, doivent être mastiqués les premiers et avec un soin et une patience extrêmes, parce

que les fentes y sont plus à craindre que partout ailleurs.

148. *Du passage de la vapeur à travers le masticage de la boîte du petit cylindre.* Quelquefois, en effet, une communication directe s'établit entre le conduit d'apport *s*, et l'un des conduits *pq* du petit cylindre, de sorte que cette vapeur passe directement de la chemise dans le cylindre, sans traverser la boîte, et que, par conséquent, elle agit toujours du même côté du piston, alternativement en l'aidant et en s'opposant à sa course. On peut découvrir ce défaut en fermant le robinet régulateur, ouvrant celui du plateau du petit cylindre et mettant le piston en haut, puis en bas de sa course. Il est facile de voir si, dans une de ces deux positions, il y a dégagement de vapeur dans le cylindre, quoique le robinet régulateur soit fermé; si cependant ce robinet régulateur était déjà mangé par la vapeur et ne fermait pas bien le conduit d'apport, il laisserait aussi passer de la vapeur dans les cylindres, ce qui pourrait induire en erreur. Au reste, on reconnaitra beaucoup plus sûrement cette communication en démontant le petit piston. Le robinet régulateur étant bien rodé, si le masticage est bon, il ne doit pas passer de vapeur dans le petit cylindre; si, au contraire, il a été mangé par la vapeur, elle sort par l'un des conduits, et quelquefois par les deux.

149. *Du passage de la vapeur à travers le masticage de la boîte du grand cylindre.* Il n'y a pas de moyen direct de reconnaître ce défaut dans la boîte du grand cylindre: cependant il serait bien plus dangereux

pour la machine que dans l'autre; car la vapeur passerait directement au condenseur sans travailler, tandis que celle qui se perdrait dans le petit cylindre, viendrait encore travailler dans le grand. Le seul signe caractéristique de cette maladie est une plus grande consommation de vapeur et un échauffement proportionnel du condenseur, sans qu'on en découvre la cause, soit dans le mauvais état de la machine, soit dans le réglage défectueux des soupapes, soit dans le mauvais état des pistons. Ainsi, quand, après avoir vérifié suffisamment toutes les pièces d'une machine, on la voit encore consommer une quantité extraordinaire de combustible, il ne faut pas hésiter à recommencer avec beaucoup de soin le masticage de la boîte du grand cylindre; il sera même presque toujours possible de découvrir les traces que la vapeur a laissées sur son passage en enlevant l'ancien mastic. Si, dans cette incertitude, on négligeait de tenter ce raccommodage, qui, quand il serait inutile, n'est ni long ni difficile, on s'exposerait à perdre indéfiniment la plus grande partie de la force de la machine. Plusieurs exemples l'ont prouvé. On corrige de même les fentes de la boîte du petit cylindre, en faisant le masticage à neuf.

150. Dans tous les cas, où un accident, arrivé dans la machine, entraîne une plus grande consommation de vapeur, le manufacturier qui en surveille de près la marche, et qui sait à quelle pression elle doit enlever sa charge, quand elle est en bon état, et le chauffeur intelligent qui la conduit, doivent s'en apercevoir

immédiatement à l'excès de la consommation de la houille, à la fatigue que la machine éprouve dans sa marche, à la tension supérieure à laquelle on est obligé de travailler avec une ouverture donnée de robinet, et à l'élévation de température du condenseur : il ne faut qu'un regard d'un œil exercé, pour voir si une machine marche légèrement et sans efforts, même à pleine charge, à moins que cette charge ne soit excessive.

151. *De l'entretien du robinet régulateur.* L'action de la vapeur sur le robinet régulateur (*fig. 3*), est assez vive, et quoique fabriqué ordinairement en acier fondu, elle l'attaque et le ronge. Il faut de temps en temps le limer à la lime douce et en long, ce qui vaut mieux que l'user à l'émeri, puis le roder à sec pour voir les endroits où il porte; le limer, l'essuyer et le roder de nouveau; jusqu'à ce qu'il porte partout : on le rode alors définitivement à l'eau, et si l'opération a été bien faite, on peut être assuré qu'il ne perdra plus.

152. Le levier de ce robinet *a*, est quelquefois fixé sur un petit tourillon par une goupille qui, quoiqu'en acier, est promptement coupée: et comme le levier ne fait plus alors marcher le robinet, on est exposé à ne pouvoir plus le fermer, lorsque l'on veut arrêter tout à coup la machine, ce qui peut être dangereux. Un chauffeur qui est surpris par cet accident, doit ouvrir immédiatement le robinet des plateaux pour laisser l'air entrer dans les cylindres et le condenseur : la machine s'arrête immédiatement. Le levier du robinet

doit être ajusté sur un carré *b* et fixé par un écrou *c*, que l'on dévisse et que l'on graisse de temps en temps, pour éviter qu'il ne se rouille, et ne devienne trop difficile à enlever.

153. On doit aussi démonter tous les 15 jours, l'écrou qui serre le robinet, et le graisser avec soin, autrement on serait exposé à ne pouvoir plus le détacher; parce que la vapeur qui s'échappe toujours en petite quantité par le robinet, rouille rapidement le fer des vis et de l'écrou. Si, après être resté long-temps en place, il était impossible de détacher l'écrou avec des clefs, il faudrait le frotter quelques jours d'avance avec de l'huile bouillante, pour l'en pénétrer, et le chauffer fortement avec des pinces de fer rougies au feu, sans chauffer l'extrémité du robinet; l'écrou se dilatant le premier, se détache de son pas de vis, et on l'enlève avec la plus grande facilité. Si l'on employait du feu au lieu de pinces rougies, on échaufferait en même temps le robinet et l'écrou, et l'on ne réussirait peut-être pas à détacher le dernier. Il est bon de donner à la tête *d* des robinets régulateurs, une forme carrée, au lieu de la tourner en poire, afin de pouvoir la tenir par cette extrémité, quand on veut desserrer les écrous.

154. Une partie des observations que nous faisons ici n'est pas applicable directement à toutes les machines, parce que outre que leur construction varie suivant leur système, chaque mécanicien opère aussi divers changemens de détail dans la construction des machines d'un même système, de sorte qu'il y a des

machines qui ne présentent pas tous les défauts ici indiqués. Mais, comme dans un traité d'hygiène ou de chirurgie, nous réunissons ensemble, autant que notre expérience ou notre mémoire nous le permet, toutes les circonstances les plus défavorables et les accidens les plus fâcheux, pour que chacun y puisse trouver les faits qui le regardent, et s'en servir au besoin.

155. Le masticage des tuyaux *nn* des boîtes est assez difficile à cause de leur position. Les vis doivent être bien graissées et serrées avec précaution. On emploiera les mêmes soins en les dévissant, parce que si elles sont rouillées dans la fonte, elles cassent souvent, et il en reste la moitié engagée dans le taraudage. Il faut alors forer un trou un peu plus large, le tarauder et y mettre une nouvelle vis plus forte que la première; nous conseillerons aux constructeurs de faire ces vis en acier non-trempé. C'est souvent par le masticage de ces tuyaux que l'air pénètre dans les boîtes; aussi ne saurait-on serrer trop fortement l'étaupe pénétrée de mastic rouge, dont on remplit leurs boîtes et d'en mastiquer trop soigneusement les plateaux.

156. En général, lorsque l'on voit le condenseur donner de l'air, on découvre facilement l'endroit par lequel il entre, en promenant la flamme d'une lampe à tous les masticages et boîtes à étoupes, sous lesquels existe le vide, ou une faible tension, et particulièrement les tuyaux *nn* dont nous parlons, et celui *u* qui conduit la vapeur du grand cylindre au condenseur.

157. Ce tuyau de fonte *u*, ajusté et mastiqué avec de la limaille dans un socle en fonte (*pl. 5, fig. 9*)

donne presque toujours de l'air, parce que les fortes dilatations et condensations successives auxquelles il est exposé, ébranlent à chaque fois le masticage, et le brisent. Le seul moyen d'éviter sûrement ces fentes, est de matter très-fortement du plomb dans la jonction du tuyau et du socle, jusqu'à refus, et de le mastiquer par-dessus au mastic de fonte; il faut aussi, pour cela, que l'extrémité du tuyau soit à queue d'hironde, et que l'espace vide, laissé par le tuyau dans le socle pour le masticage, ait 8 ou 10 millimètres (3 ou 4 lignes), parce que quand il est trop étroit, le mastic n'est pas assez fort pour résister aux dilatations, et il se brise.

158. *De l'entretien de l'excentrique.* Les soins à donner à l'excentrique et à son engrenage rentrent dans les soins journaliers que réclame la machine; un graissage régulier et un bon nettoyage. Celui-ci est surtout nécessaire à l'excentrique, que l'on place trop souvent sous le plancher, dans un trou beaucoup trop étroit, et où la graisse et la poussière s'amassent rapidement; sans ces précautions, l'excentrique est exposé à s'user promptement, ce qui diminue la course des soupapes, et déränge la marche de la machine; lorsque, soit par négligence, soit par un long travail, l'excentrique est ainsi diminué d'une ligne à 1 ligne $\frac{1}{2}$ seulement, il faut le remplacer et avoir soin d'employer, à cet objet, de l'acier fondu de la meilleure qualité, et de le tremper très-dur.

Les plaques d'acier qui sont fixées sur le chariot de l'excentrique doivent aussi être renouvelées avec les

mêmes soins , quand elles commencent à s'user.

159. *Du masticage des boîtes.* Lorsque la machine est montée , que l'excentrique *h* , les soupapes et l'arbre *v* , qui les commandent , ont été mis en place , et leurs distances et leurs positions vérifiées avec la plus grande attention , on doit s'assurer que les tringles *gg* de l'excentrique sont parfaitement verticales ; que les tiges *x* et *y* , des soupapes des deux boîtes , passent exactement au milieu des anneaux des manivelles *l* et *m* , qui les commandent , de manière à monter librement et sans aucun faux tirage. Lorsque l'on a vu que les ressorts d'acier *z* des soupapes du grand cylindre sont bien trempés , et ne se briseront cependant pas en marchant , et qu'enfin toutes les soupapes ont été mises en place , et toutes les pièces nettoyées avec soin , on mastique les plateaux des boîtes. Nous observerons ici que l'on doit commencer par mastiquer le plateau supérieur de la boîte du petit cylindre , attendu qu'il existe dans cette boîte une douille en cuivre *aa* (*fig. 6*) , dans laquelle passe la soupape ; que cette douille est simplement ajustée à frottement dans la fonte , sans y être fixée , de manière que l'on puisse l'enlever et la renouveler lorsqu'elle vient à s'user , et que les soupapes à tiroir cylindrique *g* jouent trop librement. Car , si l'on serrait le plateau inférieur le premier , la douille qui est entrée par le haut de la boîte , pourrait sortir d'une petite quantité , tandis qu'en serrant le plateau supérieur le premier , elle ne peut pas échapper de sa position ; avant de mastiquer le plateau inférieur , on fait entrer dans la boîte le tiroir d'acier *x* , dont la tige

sort par la botte à étoupes du plateau supérieur. Quant aux soupapes coniques *a'* *b'* du grand cylindre, on les fait entrer dans la botte, l'une par le haut et l'autre par le bas, et l'on mastique les plateaux; puis on visse sur la soupape supérieure la traverse en cuivre, et l'on place les ressorts.

160. Il est de la plus haute importance de serrer très-fortement l'écrou *c'* qui retient la douille de fer *d'* de la soupape supérieure *a'* dans la traverse de cuivre *e'*. Pour plus de sûreté, on doit placer sur cet écrou un contre-écrou qui le maintient plus solidement, et il faut, malgré cette précaution, examiner, de temps en temps, si l'on ne voit pas le pas de vis se découvrir au-dessous de la douille de cuivre *e'*, ce qui prouverait que la vis et le contre-écrou *e'* sont desserrés.

161. La même attention doit être donnée aux écrous qui retiennent les soupapes coniques *a'* *b'* sur leur tige. Il faut refouler l'extrémité de la vis par quelques coups de marteau, pour la river et arrêter invariablement ces écrous. Si, en effet, une des soupapes venait à s'échapper, il pourrait en résulter les plus grands accidens; la soupape inférieure *b'* y est plus exposée que l'autre. Lorsque cela arrive, n'étant plus enlevée par les ressorts *zz*, qui poussent sa tige en haut, quelques instans avant que les pistons ne remontent, puisque nous supposons l'écrou tombé, la vapeur qui arrive dessous la soupape *b'*, pour agir sous ce piston, passe en partie par le trou que la soupape laisse encore ouvert, et rencontre la vapeur

qui, après avoir travaillé sur le piston, se rend au condenseur : là il se produit un choc violent qui ébranle toute la machine, et peut en briser quelques pièces ; sans parler de la perte de la vapeur, qui passe directement au condenseur. Quelques instans après ce choc, la vapeur du petit cylindre, qui arrive en quantité considérable, suffit pour soulever cette soupape inférieure, et la fermer : alors le cours ordinaire de la machine se rétablit. Le piston, que l'effet opposé de la vapeur, et plus encore le passage au condenseur de la majeure partie de celle qui arrivait, avait ralenti fortement, au commencement de sa course ascendante, reprend sa vitesse : le même choc, le même ralentissement, la même accélération se reproduisent à chaque course du piston.

Ainsi, lorsque l'on verra une machine donner, au commencement de sa course ascendante, un choc violent, se relever avec effort et lenteur, puis reprendre à peu près sa vitesse à chaque coup de piston, on peut être certain que la soupape inférieure de la boîte du grand cylindre est détachée. C'est le seul accident qui produise ces phénomènes.

165. Quand la soupape supérieure se détache, la vapeur qui vient agir sur le piston, ne peut pas passer directement au condenseur, puisque la soupape se ferme par son poids seul ; mais celle qui doit se rendre au condenseur, trouvant le passage fermé, résiste à l'action de la vapeur opposée, et se comprime avec un choc, jusqu'à ce qu'après une ou deux courses

elle ait acquis une tension telle, qu'en raison de la surface du grand piston, elle arrête la machine.

166. *Du réglément des soupapes.* Lorsque toutes les pièces qui composent les soupapes sont ainsi mises en place et solidement assurées, quand on a posé l'excentrique *h* et ses deux tringles *gg*, on doit s'occuper de régler les soupapes; opération facile, mais qui exige la plus minutieuse exactitude, et qui exerce la plus grande influence sur la marche de la machine. Voici la méthode pratique la plus simple pour régler les soupapes des machines de Woolf, dont nous avons déjà parlé.

167. La première opération à faire est de donner à l'excentrique *h* une position telle, qu'il commence à soulever la soupape quelques instans avant que le piston ne commence sa course. On sait, en effet, que si les soupapes ne marchaient qu'au moment même où la course est terminée, il y aurait un moment d'hésitation dans la machine, parce que, quelque vitesse qu'ait la vapeur, il faut toujours un instant appréciable, pour que les soupapes se soulèvent et lui livrent passage. Il est en même temps évident que si, au contraire, les soupapes ne se soulevaient que quelques instans après que la course est terminée, si, en un mot, elles étaient en retard, il y aurait un retard dans la machine, et même un choc, parce que la vitesse acquise du volant ferait, par exemple, redescendre le piston pendant que la vapeur agirait encore dessous. Il est donc utile de mettre les soupapes en avance d'une petite quantité.

168. Lorsque la machine tourne en dedans, c'est-

à-dire lorsque la manivelle g' , *fig. 5*, remonte du côté des cylindres, dans le sens indiqué par la flèche, marche la plus généralement adoptée, quoique nous n'ayons trouvé aucun inconvénient au mouvement contraire, quand la nécessité l'exige, et que la manivelle nous ait paru passer aussi facilement dans un sens que dans l'autre ; lorsque, disons-nous, la manivelle remonte en dedans, on la place horizontalement en g' , c'est-à-dire à moitié environ de sa course en remontant ; puis, dégageant l'arbre v de l'excentrique h , de l'engrenage h' , qui est fixé sur l'arbre l' du volant (*fig. 1^{re} et 5*), on ajuste l'excentrique de manière qu'il soit exactement au bas de sa course (*fig. 2, 4, 5*) ; et que son centre de rotation $m' n'$ et sa pointe par conséquent soient en haut. Dans cette position, il est prêt à faire marcher les soupapes, au moment même où les pistons commencent à changer de mouvement. Il ne doit commencer à faire marcher son chariot o' qu'au moment où les pistons changeront de mouvement, c'est-à-dire recommenceront à monter. Nous avons dit que l'excentrique doit être en avance, afin que les soupapes puissent s'ouvrir un instant avant le changement de course des pistons : cette avance, en admettant que les engrenages $h' p'$, qui le commandent, aient 30 ou 32 dents, doit être de deux dents environ.

169. La position de la manivelle et de l'excentrique étant ainsi déterminée, on marque avec de la craie, sur les deux engrenages, deux dents $q' r'$, qui se correspondent : puis on enlève l'arbre v de l'excentrique ;

et on le fait de nouveau engrener, en le faisant marcher seul en avant dans le sens de son mouvement, de manière que la dent r' , marquée sur l'engrenage p' de l'excentrique, se trouve engrener avec la deuxième ou la troisième dent $s' t$, à partir de la dent correspondante q' , qui est marquée sur l'engrenage h' de l'arbre t' du volant.

170. Il est d'autant plus important de poser ainsi l'excentrique en avance de quelques dents sur la manivelle, que l'on rend celle-ci horizontale pour régler l'excentrique au milieu de la course des pistons, et que cependant, la manivelle, dans cette position, n'est pas réellement au milieu de sa course. On voit, en effet (*fig. 1^{re} Pl. 4*), que, à cause de l'obliquité de la bielle, quand le balancier est au milieu de sa course, la position de la manivelle ab qui y correspond, se trouve être au-dessus de la ligne horizontale ac ; de sorte que les espaces parcourus par la manivelle, pendant chacune des deux moitiés de la course du balancier et du piston, ne sont pas égaux. La manivelle a donc moins de vitesse pendant sa course supérieure que pendant sa course inférieure, si la durée de ces deux courses est parfaitement égale; mais cette différence est sensiblement corrigée par le volant.

L'excentrique doit donc nécessairement se trouver en avance de deux ou trois dents sur la manivelle, c'est-à-dire que, quand la manivelle est à moitié de sa course, l'excentrique aura déjà dépassé cette moitié de 2 dents sur 50 ou 32, c'est-à-dire d'un quinzième ou un seizième environ.

171. L'arbre de l'excentrique étant alors fixé sur ses coussinets, la manivelle étant toujours horizontale du côté où elle monte, et l'excentrique, comme nous l'avons dit, au bas de sa course et un peu en avance, on met le tiroir, ou soupape cylindrique *a*, entièrement à fond dans la boîte du petit cylindre, comme il est tracé (fig. 5 et 9), où la manivelle est horizontale en montant, l'excentrique et le tiroir au bas de leur course; on y met aussi la soupape conique supérieure (mêmes figures) de la boîte du grand cylindre; on abaisse la traverse de cuivre *u* pour comprimer les ressorts *z*, et l'on serre fortement la vis de pression, de manière que la traverse *u* ne glisse pas sur la tige *y* de la soupape inférieure *b*, et qu'elle l'entraîne, au contraire, dans son mouvement. On doit abaisser cette traverse de cuivre, jusqu'à ce que les ressorts d'acier aient assez de bande pour fermer vivement la soupape inférieure, ce dont on s'assure en pressant sur la traverse pour ouvrir la soupape, et l'abandonnant tout à coup à elle-même.

172. Cela fait, et toutes les soupapes étant ainsi fermées, on abaisse la grande manivelle *l* des soupapes au-dessous de la traverse de cuivre *e'*, qui repose sur la bague *v* de cette manivelle; et cet abaissement doit être rigoureusement égal à la moitié de la course de l'excentrique. Si cette course est de 22 lignes, comme dans les machines de dix chevaux, on laisse onze lignes de jeu entre la manivelle *l* et la traverse *e'*; on fixe alors cette manivelle aux tiges de l'excentrique, par ses deux vis de pression pour l'empêcher de glisser.

*

173. Abaisant ensuite la petite manivelle *m* de 11 lignes, c'est-à-dire d'une demi-course de l'excentrique, on force les ressorts *z* à se comprimer, et, par conséquent, la soupape inférieure *b'* à s'ouvrir d'une quantité égale. On mesurera facilement cet abaissement sur les tiges de fer ou porte-boudins autour desquels s'enroulent les ressorts *z*, au moyen d'un point de repère, tracé sur cette tige avant de faire marcher la soupape. On fixe alors la petite manivelle *m* sur les tringles *gg* de l'excentrique, au moyen de ses vis de pression, au moment où, en forçant sur les ressorts, la soupape inférieure s'est, comme nous venons de le dire, ouverte de 11 lignes. Ainsi, la soupape inférieure *b'* se trouve ouverte pour laisser passer au condenseur la vapeur qui était sous le grand piston pendant qu'il descend, et la soupape supérieure *a'* se trouve fermée, pour fermer le passage du condenseur à la vapeur, qui, de dessous le petit piston, passe au-dessus du grand. Alors, comme le tiroir *x* est à fond, et qu'il doit monter immédiatement avec le chariot de l'excentrique, dès qu'il recommencera son mouvement, on fixe, sur la grande manivelle *l* des soupapes, par sa vis de pression, l'anneau supérieur *k'* qui doit soulever le tiroir, sans y laisser de jeu, parce que cet anneau ainsi fixé ne pourra jamais empêcher le tiroir de descendre à fond, puisqu'on l'y a préalablement mis.

174. On fait alors faire un demi-tour à la machine, et on place la manivelle *g* dans une position horizontale, opposée à celle qu'elle occupait précédemment,

c'est-à-dire au milieu de sa course descendante, comme elle est indiquée en lignes ponctuées (*fig. 3*) ; l'excentrique se trouve alors au haut de sa course, la pointe en bas : sa position est ponctuée (*fig. 2 et 4*). La soupape supérieure *a'* est maintenant ouverte pour laisser passer au condenseur la vapeur qui a travaillé sur le grand piston ; la soupape inférieure *b'* est fermée. Le tiroir *x*, que nous avons d'abord placé au bas, doit se trouver au haut de sa course (*fig. 7*). On s'en assure à la main ; alors on fixe par sa vis de pression la bague inférieure *z'* sans aucun jeu, sous la grande manivelle, de manière que si les courses de l'excentrique et du tiroir ne sont pas parfaitement égales, le jeu nécessaire se trouve ainsi déterminé entre les deux bagues, sans que la manivelle puisse forcer sur le tiroir. Pour éviter le bruit que font les anneaux en jouant sur la grande manivelle des soupapes, on peut placer entre eux et la bague de la manivelle deux petites rondelles de cuir.

175. Il faut avoir grand soin de serrer avec force toutes ces vis de pression, car on serait exposé à voir la grande manivelle glisser promptement sur ses tringles, les soupapes se dérégler, et la marche de la machine s'altérer complètement. En effet, la grande manivelle, entraînée par la résistance des soupapes qu'elle soulève à ses deux extrémités, glisse fréquemment sur les tringles de l'excentrique de manière que la course de la soupape supérieure *a'* diminue, et que le tiroir *x*, gêné en montant, ne peut plus se fermer exactement, ce qui laisse passer la vapeur dessous le

piston, pendant qu'il descend et s'oppose à son mouvement. Il faut alors recommencer le réglément des soupapes par la même méthode, en ne retouchant qu'aux parties dérangées, ou au moins si l'on ne veut pas arrêter immédiatement la machine pour cet objet, donner un peu plus de jeu au tiroir cylindrique, en abaissant un peu la bague inférieure, de manière qu'il puisse se fermer librement.

176. Nous ne saurions recommander trop instamment de donner les plus grands soins au réglément des soupapes. Une avance ou un retard trop grands dans l'excentrique suffisent pour causer une erreur dans le réglément des soupapes, qui quelquefois, se fermant trop ou trop peu, entraîneraient inévitablement les plus grands dérangemens dans la marche de la machine, y causeraient de grandes pertes de vapeur, et presque toujours des chocs violens, ou au moins des secousses, qui, bien que légères, en se renouvelant à chaque course des pistons, la fatiguent promptement et la détériorent. Aussi, quand le manufacturier et le chauffeur attentifs entendent leur machine donner des secousses dont ils ne trouvent pas immédiatement la cause, soit dans des clavettes desserrées, soit dans le parallélogramme, soit à la tête de la bielle, soit au prisonnier de la manivelle, ils doivent en chercher presque toujours la cause dans le réglément des soupapes et en vérifier de suite l'exactitude.

Quelquefois le bocal dans lequel glisse le tiroir cylindrique laisse échapper la vapeur, et augmente la consommation du combustible : il faut le changer.

où bien l'une des soupapes de la grande boîte ne ferme pas le passage du condenseur et enlève à la machine une partie de sa force et sa vitesse habituelle on la rode alors.

RÉGULATEURS DES MACHINES D'EDWARDS.

177. *Régulateur des machines à deux cylindres, d'Edwards.* Ce régulateur, tel qu'on le construit aujourd'hui pour les machines à vapeur, jusqu'à la force de vingt chevaux, est très-simple et peu susceptible de dérangemens. Il consiste, pour chacune des boîtes des deux cylindres, en un tiroir à coquille, en cuivre, *a*, *pl. 7*, *fig. 1*, 2, 3, 4, 5, 6 et 7, qui glisse sur une surface de fonte bien dressée, *bb* et ouvre ou ferme les trous à vapeur *c. d. e. f. g. h.* Un excentrique *a fig. 7*, fixé sur l'arbre de la manivelle *b*, et marchant dans un chariot *c*, conduit ce tiroir, au moyen d'un mouvement d'équerre *a b fig. 2*, et des deux tringles des soupapes.

178. *De son réglément.* Rien de plus facile que la méthode à suivre pour régler ces soupapes; l'excentrique sort des ateliers fixé et ajusté sur l'arbre de la manivelle, de manière que, quand la machine est sur son centre, la manivelle étant en bas, l'excentrique se trouve au milieu de sa course, et son axe de rotation en bas (*fig. 7*). Il est ici ajusté pour une machine qui tourne en dedans, comme cela a lieu le plus fréquemment, c'est-à-dire que la manivelle monte du côté où les boîtes à vapeur sont placées par rapport à elle. Dans cette position, on règle les tringles *l* du mouvement d'équerre, de manière que le bras *k* de ce

mouvement soit horizontal , et par conséquent au milieu de sa course.

En enlevant de dessus les tiroirs les deux coquilles extérieures *ii* , on amène, au moyen des écrous *kl* , les tiroirs *a a* , des deux boîtes à couvrir exactement les six trous à vapeur *c. d. e. f. g. h.* de ces boîtes. On voit dans les figures 5 et 6 les tiroirs de la grande et de la petite boîte réglés dans la position indiquée ci-dessus; on observera que ces tiroirs seront dans la même position , quand la machine sera revenue sur son autre centre , la manivelle en haut : mais alors l'excentrique se trouvera le centre de rotation en haut et toujours au milieu de sa course. Il serait donc aussi facile de les régler dans cette position que dans celle dont nous venons de parler. On n'oubliera pas ici qu'il vaut mieux , dans ce réglément comme dans celui des soupapes de Hall , donner aux tiroirs une légère avance , que de les laisser en retard. On mastique ensuite les coquilles par-dessus les tiroirs , et la machine se trouve réglée.

179. Ce système de soupapes présente une grande simplicité , et nous le croyons excellent dans les machines de petite force , parce que , les trous à vapeur étant de faible dimension , la surface frottante des tiroirs est peu étendue , et la pression que la vapeur y exerce ne consomme pas une grande force en frottemens. Ces tiroirs qui ne présentent aucune chance de dérangement ont alors une véritable supériorité sur les soupapes des machines de Hall. Mais , dans les machines plus puissantes , ce frotte-

ment peut devenir considérable. Le tiroir cylindrique, qui offre, au reste, le défaut de ne pas fermer aussi exactement quand il vient à s'user, et les soupapes coniques, ne présentent pas cet inconvénient. Ils coûtent sans doute plus cher en frais d'entretien et de renouvellement, mais, nous sommes disposés à croire qu'ils sont plus favorables au développement du travail de la vapeur.

180. En même temps ces tiroirs à coquilles n'ouvrent pas les trous à vapeur aussi rapidement que les soupapes coniques : et dans toutes les grandes machines où l'on est obligé de donner à ces trous assez de hauteur, il y a, sans aucun doute, une perte de force due à la lenteur de cette ouverture successive. Pour obvier en partie à cet inconvénient, on a soin de donner aux trous à vapeur beaucoup de largeur, afin de réduire leur hauteur, et de diminuer, autant qu'il est possible de le faire, la course des tiroirs; aussi ne les emploie-t-on pas dans les machines au-dessus de la force de vingt chevaux.

181. *Des robinets distributeurs.* — Il n'est pas inutile de dire un mot des robinets distributeurs employés dans les machines d'Edwards à deux cylindres, avant l'adoption des tiroirs dont nous venons de parler, parce qu'il existe un assez grand nombre de machines dans lesquelles ils travaillent encore.

Le réglément des soupapes coniques de la grande boîte, employées communément avec le robinet distributeur, *pl. 7 fig. 9, 10, 11, 12, 13*, s'opère comme nous l'avons déjà dit pour celles de Hall : la

manivelle étant horizontale en montant en dedans, l'excentrique légèrement en avance sur la manivelle, et de plus, au bas de sa course, *fig. 14* et prêt à remonter, on ferme les deux soupapes *a* et *b*, *fig. 12*, puis on fait descendre la douille *c*, du grand bras *d* des soupapes *fig. 11* au-dessous de la traverse *e e* de la soupape supérieure d'une quantité égale à la moitié de la course de l'excentrique : on ouvre ensuite la soupape inférieure de la même quantité, en comprimant les ressorts d'acier, au moyen du petit bras *f*, et l'on fixe solidement les deux bras sur les tringles des soupapes, par leurs vis de pression. Quant au robinet distributeur *g*, *fig. 9, 10, 11, 12, 13*, lorsque les soupapes sont ainsi réglées, c'est-à-dire que la soupape supérieure est fermée, et la soupape inférieure ouverte, et la manivelle horizontale en remontant en dedans, il doit être placé de telle sorte, qu'il établisse la communication entre le robinet d'introduction *h* de la vapeur et le dessus du petit piston, par son trou *i* et le conduit *k*, et entre le dessous du petit piston et le dessus du grand, par son trou et les conduits *m* et *n*, parce que les pistons sont occupés alors à descendre. La crémaillère *o* qui commande le robinet *g* doit se trouver au plus haut de sa course comme l'excentrique, et prête à redescendre et faire tourner le robinet en sens contraire, dès que la manivelle et l'excentrique recommenceront à descendre.

182. *Régulateur des machines à basse pression dites de Watt et Boulton.* Quant aux tiroirs des machines à basse pression, leur règlement ne présente aucune

difficulté. Il suffit de savoir de quel côté doit tourner la manivelle; et ce côté est déterminé par la position de l'excentrique, sur l'arbre de la manivelle; on voit en effet, *pl. 8 fig. 3*, d'après la position de la manivelle *a* et du double tiroir *b c*, que les pistons descendent et la manivelle monte. Cette machine est donc réglée pour tourner en dehors, c'est-à-dire pour que la manivelle remonte du côté opposé aux boîtes à vapeur. Pour qu'elle tournât en dedans, c'est-à-dire que la manivelle, dans la position où elle est tracée fût au milieu de sa course descendante, il faudrait que l'excentrique *d*, au lieu d'être placé sur l'arbre, en opposition avec la manivelle, se trouvât du même côté qu'elle; car alors la manivelle restant toujours à la même place, le chariot *e* de l'excentrique se trouverait au bout de sa course, et les soupapes au bas de la leur; d'où il résulterait que les pistons monteraient, et la manivelle descendrait; ce qui est le contraire du règlement ici tracé. Quand on s'est bien rendu compte de cette disposition, ce règlement est très-simple. L'excentrique *d* et les longueurs du mouvement d'équerre *g h*, et par conséquent la course des soupapes, sont déterminées d'une manière fixe, en montant la machine dans l'atelier. La longueur seule du tirant *f* peut varier d'une petite quantité, au moyen des écrous *i k*, si cela était nécessaire dans le montage. Il suffit donc, quand ces mouvemens sont posés, de mettre la manivelle horizontale en remontant, et même un peu en arrière de sa position horizontale, afin que l'excentrique et les soupapes aient une légère avance: alors on met *b c* au

haut de la course, de manière à ouvrir d'un côté la communication entre le tuyau d'apport de la vapeur *l*, et le dessus du piston, par le conduit *m*, et de l'autre, entre le dessous du piston, et le tuyau du condenseur *n*, par le conduit *o* : et la machine se trouve ainsi parfaitement réglée.

CONDENSEUR.

185. *Des cas dans lesquels le condenseur peut puiser directement l'eau du puits.* Il est deux manières de disposer les condenseurs des machines à vapeur : tantôt ils tirent directement l'eau du puits, au moyen d'un tuyau de cuivre ou de plomb, que nous avons ponctué, *pl. 5 fig. 4*, en *a*. Tantôt ils la puisent dans une bêche *e* au milieu de laquelle ils sont plongés, et où une pompe de puits verse constamment un courant d'eau froide. Il ne faut employer la première méthode que pour puiser l'eau à une petite profondeur : sans quoi le condenseur serait exposé à de fréquents accidens, et l'on doit, en tout cas, le placer dans une bêche remplie d'eau, pour éviter qu'il n'aspire de l'air par les masticages de ses tuyaux. Aussitôt que la profondeur à laquelle il faut aller prendre l'eau, dépasse six à sept mètres, depuis le robinet *c* du condenseur jusqu'au niveau où le puits reste constamment quand la machine travaille, le condenseur est exposé à s'échauffer très-fréquemment : parce que quand la température de l'eau s'y élève de quelques degrés de plus qu'à l'ordinaire, la vapeur y conserve une tension

assez forte, et le vide ne s'y produit plus assez complètement, pour aspirer une colonne d'eau aussi longue.

Au delà de 6 mètres, on devra donc placer constamment une pompe dans le puits, pour alimenter la bêche. Au-dessous de 6 mètres il vaut mieux puiser l'eau directement, au moyen d'un tuyau large et soigneusement mastiqué au condenseur.

184. Dans les deux cas, la partie des tuyaux qui plonge dans le puits doit être garnie, à son extrémité inférieure, d'une buse percée de trous, pour empêcher les cailloux et autres ordures d'être entraînés dans le condenseur. Il faut faire attention que ces trous soient assez larges et en assez grande quantité pour laisser passer l'eau nécessaire. En supprimant la pompe du puits, l'on évite les réparations auxquelles elle est sujette et l'on diminue le frottement de la machine : cependant, dans l'un et l'autre cas, la même quantité d'eau doit toujours être élevée, de sorte que la différence de charge n'est pas considérable.

185. *De l'échauffement du condenseur plongé dans une bêche.* Lorsque le condenseur plonge dans une bêche, il ne peut pas s'échauffer, à moins que le robinet du condenseur ne soit obstrué ou fermé par négligence; que la pompe ne fournisse plus assez d'eau; ou que, par un des accidens que nous avons indiqués en parlant des pistons, des cylindres et des soupapes, la vapeur passe directement de la chaudière au condenseur, ou enfin que la machine soit en assez mauvais état pour consommer une si grande quantité

de vapeur, que toute l'eau fournie par la pompe du puits ne puisse plus suffire à la condenser. Dans ces derniers cas, il faut réparer la machine. Quant au premier, pour éviter que le condenseur qui puise l'eau directement dans une bache n'attire les ordures ou tout autre objet tombé dans cette bache et n'obstrue son robinet, il est nécessaire de poser devant le robinet *c* une buse percée de larges trous, et semblable à celle qui est placée dans le puits au bout du tuyau d'aspiration *a*. Nous avons déjà vu plusieurs fois des condenseurs s'échauffer, parce que des chiffons tombés dans la bache s'étaient engagés fortement dans le robinet, et il est alors très-difficile de les arracher.

186. *Échauffement du condenseur qui aspire l'eau du puits.* Lorsqu'au contraire le condenseur tire directement l'eau du puits, un léger dérangement dans la machine, une légère augmentation dans la consommation de la vapeur, ou l'inadvertence du chauffeur qui ne laisserait au robinet qu'une ouverture un peu peu trop faible, suffisent pour l'échauffer; et cet accident est d'autant plus fréquent, que la machine tire l'eau d'une plus grande profondeur. Il faut alors arrêter immédiatement la machine, puis verser de l'eau froide dans le condenseur, en ayant soin d'en soulever le clapet, pour que l'eau pénètre dans l'intérieur. Il faut éviter de verser cette eau froide sur la chemise du condenseur, quand elle est très-chaude; car on s'exposerait à le briser. Il est prudent, quand le condenseur est ainsi rempli, d'en faire sortir toute l'eau chaude, en tournant la machine à la main; d'enlever

enfin celle qui resterait dans le haut du condenseur, et de le remplir une seconde fois d'eau froide. Si le condenseur est plongé dans une bache, il faut aussi la vider et en renouveler l'eau. En un mot, on ne saurait refroidir trop complètement le condenseur, avant de remettre la machine en mouvement, afin de ne pas être obligé de recommencer cette opération désagréable; car ici, comme partout, le mieux, est toujours le plus court et le plus économique.

187. *De l'engorgement du tuyau d'aspiration.* Le condenseur ainsi refroidi, est en état de tirer l'eau du puits, à moins que le tuyau d'aspiration a ne soit engorgé, ce dont il est facile de s'assurer : car lorsque l'aspiration s'opère régulièrement, on entend l'eau monter dans le tuyau avec une grande vitesse; et quand le tuyau est engorgé, ce bruit cesse complètement. On peut pendant toutes ces opérations, laisser le robinet du condenseur ouvert; le tuyau d'aspiration qui s'est échauffé en même temps que le condenseur, se refroidit plus facilement.

188. *Règlement du robinet d'aspiration.* Voici donc en peu de mots quelles sont les principales causes auxquelles on doit attribuer l'échauffement des condenseurs : c'est 1° lorsqu'on oublie d'ouvrir le robinet du condenseur en mettant la machine en activité, ou lorsqu'on ne l'ouvre pas assez quand elle marche, ou enfin lorsque ce robinet est engorgé. En essayant avec la main, la température de l'eau qui ne doit jamais monter au-dessus de 40° centigrades, il est facile de régler l'ouverture de ce robinet; et de l'ouvrir entière-

ment pendant quelques instans ; si elle devenait trop élevée : il aspire alors une grande quantité d'eau, qui le refroidit complètement.

189. *Influence de la température de l'eau du condenseur sur l'aspiration, quand le puits est profond.*

2° Le condenseur s'échauffe aussi lorsque l'on tire l'eau d'une assez grande profondeur, et que l'on condense trop chaud, parce que, comme nous l'avons dit, quand la température du condenseur commence à s'élever au-dessus du degré qu'elle doit conserver, le vide ne s'y produit plus aussi bien, et l'eau ne peut plus être aspirée d'une aussi grande hauteur, de sorte que la température s'élevant encore plus, l'eau contenue dans le condenseur devient bouillante, et la condensation de la vapeur ne peut plus s'opérer.

190. *Usure de la garniture du piston et de la boîte à étoupes.* 5° Le condenseur peut encore s'échauffer lorsque son piston *e*, n'est plus assez garni de cordes, ce que l'on reconnaît facilement quand la machine fait 6 ou 8 tours sans que l'eau soit aspirée : parce que l'air passant autour du piston avec facilité, le vide ne peut plus se produire dessous, et l'eau ne monte plus.

Le même accident se manifeste, lorsque la boîte à étoupes *f* du condenseur est mal garnie ; au moment où l'on met la machine en mouvement, si cette boîte n'est pas couverte d'eau, elle laisse rentrer avec un grand sifflement l'air qui s'oppose à l'aspiration de l'eau. Dans ces deux cas, et même toutes les fois que l'on met la machine en mouvement après un long arrêt, il est utile de jeter quelques sceaux d'eau froide dans le con-

denseur, pour couvrir la boîte à étoupes, et rendre l'aspiration plus facile et plus prompte.

191. Nous ajouterons ici une observation qui peut être utile : c'est qu'il faut, lorsque l'on met en place le piston du condenseur, après l'avoir démonté, éviter avec soin de le laisser échapper et tomber à fond; car il y resterait presque inévitablement accroché au bord inférieur *g* du cylindre, par l'épaisseur des cordes dont il est garni : et il serait à peu près impossible de l'en retirer par en haut. Le seul remède serait, dans ce cas, de démastiquer le fond *h* du condenseur, et de retirer par là le piston. Il faudrait ensuite mastiquer de nouveau ce fond avec du mastic de fonte, et très soigneusement pour que l'air ne puisse pas *y* pénétrer. Si ce fond n'était pas mastiqué, et que toute la pièce fût coulée d'un morceau, comme nous l'avons tracé *planche 5*, il faudrait alors demastiquer le corps de pompe, qui est ajusté à queue d'aronde en *l l* dans son enveloppe *m* : et l'y remettre avec les mêmes précautions. Il est donc utile de placer, comme le pratiquent quelques constructeurs, au fond des condenseurs, un petit trépied en fer *n*, capable de soutenir le piston dans son corps de pompe, s'il venait à échapper.

192. Le piston du condenseur peut travailler deux ou trois ans sans être regarni, lorsque celui-ci plonge dans une bêche pleine d'eau froide; mais lorsqu'il aspire l'eau du puits, surtout à une assez grande hauteur, il faut le regarnir tous les trois ou quatre mois environ; ce qui devient évidemment nécessaire, lorsqu'au bout

de 7 à 8 tours de la machine, l'eau ne monte pas ; au reste, cela varie avec la profondeur à laquelle on puise l'eau : plus elle est grande, plus le condenseur doit être tenu en bon état.

193. *De l'air que donne le condenseur et des moyens de reconnaître les ouvertures par lesquelles il pénètre dans la machine.* 4°. Il peut encore y avoir échauffement, lorsque le tuyau d'aspiration *a*, qui va puiser l'eau dans le puits, prend air : ou lorsque le puits ne fournissant pas assez d'eau, le tuyau aspire de l'air par sa base inférieure : on s'en aperçoit facilement, si toutes les boîtes à étoupes et les masticages de la machine étant en bon état, le condenseur donne beaucoup d'air. L'eau est alors projetée fortement à chaque coup de piston, par le bouillonnement de cet air, effet qui n'a pas lieu d'une manière aussi marquée lorsque l'air vient de la machine, que lorsqu'il vient du condenseur : sans doute parce que dans ce dernier cas, l'air arrive encore froid dans le condenseur, et s'y dilate subitement d'une quantité considérable : en outre lorsque l'air est aspiré par les cylindres, ou par les boîtes, la machine devient très-lourde, ce qui n'a pas lieu à un aussi haut degré comme on le conçoit sans peine, lorsqu'il vient du tuyau d'aspiration : puisqu'alors il n'agit pas aussi directement sur les pistons. Il en est de même lorsque l'air est aspiré par le tuyau qui conduit la vapeur des boîtes au condenseur.

En tout cas, on trouvera toujours l'endroit où l'air pénètre, en promenant la flamme d'une lampe, le long des masticages et des tuyaux où l'on soupçonne

une fuite, jusqu'à ce qu'elle soit fortement aspirée par le courant d'air qui se produit dans cette ouverture. Si ce moyen ne suffisait pas, on pourrait mettre la manivelle en haut ou en bas, embarrer fortement le volant, pour qu'il ne puisse pas tourner, et introduire de la vapeur dans les cylindres; la vapeur remplit bientôt tous les espaces vides de la machine, et sort par les ouvertures qui donnent passage à l'air. Cette opération doit être faite avec précaution, parce que si le levier qui maintient le volant, et supporte tout l'effort de la machine, venait à se briser ou à se déranger, il pourrait en résulter des accidens très-graves.

194. Les tuyaux les plus exposés à des fuites, sont ceux qui établissent la communication entre les deux boîtes, et celui *o*, qui conduit la vapeur au condenseur: parce qu'il est difficile de les bien mastiquer. Les boîtes à étoupes des cylindres et des soupapes, fournissent également beaucoup d'air: on doit les resserrer et les regarnir fréquemment. Tous les masticages doivent aussi être souvent examinés sous le même rapport.

Que les manufacturiers soient bien convaincus que l'air est un véritable poison pour les machines à vapeur; et qu'ils doivent donner la plus grande attention à la marche du condenseur. Cet objet est tellement important, que nous avons vu plus d'une fois des fabricans diminuer de moitié la consommation de la houille nécessaire à leur machine, en arrêtant l'entrée de l'air qui avait lieu par les tuyaux et les masticages. La quantité d'air qui est fournie par l'eau des puits, à mesure qu'elle s'échauffe, ce que l'on ne peut éviter, ne s'é-

lève pas à 1^{ère} de litre par chaque coup de piston, et cet air est à peine appréciable quand la pompe du condenseur n'en aspire pas d'autre.

195. Il arrive quelque fois à une machine de s'arrêter tout à coup, parce que le clapet *p*, du condenseur, ne tombe pas après s'être levé, et qu'il est retenu en l'air par la graisse amassée dans son collet *q*, autour du plateau : alors l'eau et même l'air rentrent dans le condenseur à chaque coup de piston, et la machine s'arrête. Il faut faire retomber le clapet chaque fois qu'il se soulève, à l'aide d'un bâton ; et en suivre quelques instans la marche, jusqu'à ce que la graisse soit complètement enlevée par le frottement du clapet : ce que l'on facilite en ouvrant le plus possible le robinet du condenseur, pour fournir beaucoup d'eau et condenser à froid : ou en arrêtant un moment la machine, et en essuyant la graisse déposée autour du collet. Cet accident, si l'on n'y prend garde, peut arriver jusqu'à 10 ou 12 fois dans une journée, quand le clapet est une fois gras.

196. *De la quantité d'eau nécessaire à la condensation.* On demandera maintenant quelle est la quantité d'eau nécessaire à une machine d'une force donnée.

La pratique exige dans une machine en bon état dix kilogrammes ou dix litres d'eau, en une minute, par cheval, lorsque la machine est du système de Woolf : ou six cents litres à l'heure par cheval, ce qui répond à peu près à une consommation de houille de 3 k° par heure. Pour une machine de 10 chevaux, il faudrait donc 100 k° ou un hectolitre d'eau par minute. Cette quan-

tité d'eau est un peu forte, mais il vaut mieux en avoir trop, que d'en manquer; on peut alors condenser à une plus basse température, procédé toujours plus avantageux, quoiqu'il exige l'élévation d'une plus grande quantité d'eau. Au reste on ne doit jamais condenser à une température plus élevée que 40° , à moins qu'il ne soit absolument impossible de se procurer de l'eau.

Dans les machines à basse pression, il faut compter sur une consommation de 17 à 18 k° d'eau par minute, répondant à 5 k° de houille par heure, et par cheval.

197. *Des dépôts qui engorgent le condenseur.* Un inconvénient auquel sont assez sujettes les machines qui marchent depuis quelques années, et qui s'alimentent avec de l'eau qui dépose beaucoup : ou celles dans lesquelles on prodigue outre mesure le suif destiné à graisser les pistons, est l'encombrement total du vide existant en mm , entre le corps de pompe i , du condenseur et son enveloppe m . La vapeur et l'eau n'entrent plus qu'avec lenteur, la condensation se fait mal, et la machine perd alors toute sa force, et peut à peine se traîner à vide. On reconnaît ce défaut, en descendant une chandelle au fond de la pompe à air, et en regardant par les trous des vis r , qui fixent le plateau s , à la pompe à air, après les avoir enlevées. On peut quelquefois faire tomber ces galettes, en grande partie composées de suif altéré par la vapeur, qui se sont attachées aux parois du condenseur, en se servant d'un ciseau, soudé au bout d'une tringle de fer rond, que l'on fait passer par les trous de vis du pla-

teau , et avec lequel on détache les dépôts. On enlève ensuite avec soin les ordures tombées au fond du condenseur. Si on ne réussit pas par ce moyen à nettoyer le condenseur , il faut alors en démastiquer le fond , ou la chemise , et la remonter ensuite avec soin.

POMPES DE PUIITS.

198. Dans l'article relatif au condenseur, (183) nous avons indiqué quelles sont les circonstances où l'on peut sans inconvénient , supprimer la pompe de puits et faire puiser l'eau directement par la pompe du condenseur. On a vu qu'il ne fallait pas adopter cette méthode , dès que le niveau constant du puits se trouvait à plus de 6 mètres (18 pieds) , au-dessous du condenseur , et qu'au delà , il était indispensable de mettre dans le puits une pompe aspirante et foulante , pour élever l'eau dans la bâche où plonge le condenseur.

199. En parlant de la pose des machines, nous entrerons dans quelques détails sur les précautions à prendre dans la construction des puits , sur les sondages préliminaires , et les essais à tenter avant l'établissement d'une machine à vapeur , pour s'assurer que le puits sera capable de fournir la quantité d'eau nécessaire , et qu'il ne tarira pas au milieu du travail. On y trouvera aussi quelques renseignements sur leur construction et les conditions auxquelles ils doivent satisfaire.

Nous parlerons spécialement ici des pompes destinées à y puiser de l'eau.

200. *De la quantité d'eau que peuvent fournir les pompes.* Ces pompes sont toujours construites en fonte : voici les données nécessaires pour vérifier si elles peuvent suffire au service de la machine, ou pour les établir au besoin. Ces notes ne seront pas inutiles aux manufacturiers, qui plus d'une fois ont été obligés d'ajouter des pompes de puits à des machines qui leur avaient été livrées sans pompe, parce que le condenseur s'échauffait trop souvent, ou de changer des pompes trop faibles.

Nous avons dit qu'une machine de Woolf, demande environ 40 k^e d'eau par cheval en une minute, et une machine de Watt 47 à 48 k^e. La pompe de puits doit être en état de fournir constamment plus que la machine ne consomme, et alors on établit sur le bord de la bâche, un trop-plein qui rejette dans le puits l'excédant de l'eau, ou le déverse en dehors pour le service des ateliers.

201. Admettons donc que pour une machine de 40 chevaux, on demande à la pompe de donner 440 k^e ou 440 litres par minute. Il faut en outre ajouter à cette quantité $\frac{1}{15}$ en sus ; parce que les pompes de la meilleure construction, ne donnent jamais toute la quantité d'eau indiquée par le calcul de leurs dimensions, et que l'on doit compter au moins sur $\frac{1}{15}$ de réduction. Au lieu de 440 litres, il faudra donc établir son calcul sur 480 litres à peu-près par minute, et comme la machine donne 27 coups de piston en une minute, la

pompe devra fournir 4 litres $\frac{1}{2}$ par coup de piston.

La course du piston de la pompe est déterminée par la course du tourillon du balancier auquel elle s'attache. Elle est dans les machines de 10 chevaux, de 0,^m24 environ, En divisant 4 litres $\frac{1}{2}$ en 0,^m0045 cube, par 0,^m24, on trouve que le piston doit avoir 0,0185 carré de surface, ou près de 2 décimètres carrés : ce qui équivaut à 0,^m15 de diamètre.

202. Si l'on admet que la machine de 10 chevaux, fasse 28 révolutions par minute, le piston sera un peu moins grand, et comme nous avons compté très-large-ment la quantité d'eau nécessaire à la machine on peut sans inconvénient, calculer sur 28 coups de piston, ce qui est le maximum de vitesse des machines de 10 chevaux. Aussi le piston de la pompe dont nous donnons le tracé *Pl. 8, fig. 6, 7, 8, 9, 10*, n'a-t-il que 0,^m14 de diamètre et fournit-il abondamment aux besoins d'une machine de 10 chevaux.

203. *Construction de la pompe foulante.* On trouvera dans les légendes des planches, l'explication détaillée de la pompe; elle est parfaitement semblable aux pompes foulantes, employées à l'alimentation des chaudières à moyenne et haute pression.

Les principaux avantages qu'elle présente dans le service d'une machine, sont : de ne se déranger que très-rarement, parce qu'il n'y a presque point d'ajustement, ni dans le piston ni dans les soupapes, et d'être très-facile à nettoyer et à réparer; le piston *a fig. 6.* ne peut jamais éprouver d'accident; les soupapes *d c, fig. 7,* quand on a la précaution de les garnir de cuir en des-

sous ne s'usent jamais, et tiennent parfaitement l'eau. Et quand il devient nécessaire d'ouvrir la chapelle *m* de la pompe, pour le nettoyage de ces soupapes, on le fait sans peine en enlevant le plateau *n* qui la ferme; quelquefois, on place le tuyau de refoulement *f* immédiatement au-dessus de la boîte à soupapes : mais il faut alors soulever ce tuyau pour ouvrir cette boîte, ce qui entraîne des pertes de temps.

204. *Usure des soupapes.* Si les soupapes ne sont pas garnies de cuir, elles s'usent souvent plus vite d'un côté que de l'autre, parce que quelque précaution que l'on prenne pour les ajuster parfaitement, il est difficile que l'un des côtés ne soit pas plus lourd que l'autre, et qu'en retombant toujours le premier, il ne s'use pas plus rapidement, ne fasse pas éprouver le même effet au siège sur lequel il vient frapper, et ne laisse pas bientôt échapper l'eau, quand le piston la refoule : et quand la soupape serait rigoureusement équilibrée, la direction que prend l'eau qui se porte nécessairement avec plus de vitesse du côté de l'ouverture du corps de pompe, suffit pour soulever et user inégalement cette soupape. Lorsque les soupapes sont ainsi usées, la quantité d'eau fournie par la pompe diminue, et quelquefois même la pompe refuse de marcher; mais le plus ordinairement, on reconnaît cette usure, lorsqu'en mettant la machine en mouvement, la pompe de puits donne 8 ou 10 coups de piston, avant de fournir de l'eau; et quelquefois même on est obligé de l'amorcer avec un ou deux sceaux d'eau, que l'on verse dessus le piston, ou dans le tuyau de refoulement *f*, afin de cou-

vrir la soupape supérieure *b*. En effet si la botte à soupapes ne contient pas d'eau, l'air qui passe beaucoup plus facilement que l'eau à travers les soupapes usées, vient remplir le corps de pompe à chaque coup de piston, et le vide ne s'y produisant plus, la pompe ne peut plus travailler. Mais une petite quantité d'eau suffit ordinairement pour arrêter cet effet, et amorcer la pompe : quand elle est en activité, elle continue à travailler sans dérangement. L'usure des soupapes trop long-temps négligée, un défaut qui se découvrirait dans le siège de ces soupapes, une ouverture qui se manifesterait tout à coup dans les masticages, ou le déchirement subit d'un cuir, peuvent seuls arrêter complètement le travail de cette pompe.

L'usure des soupapes et les défauts de la fonte, se corrigent en les limant et les rodant à l'émeri, jusqu'à ce qu'elles tiennent l'eau : et les masticages, se réparent, même pendant que la machine marche, en chassant fortement de l'étoupe dans les joints, au moyen d'un ciseau.

205. *De l'entretien des cuirs.* Dans ce système de pompe, les accidens qui arrivent aux cuirs sont plus faciles à réparer que dans tout autre, si l'on a la précaution d'en préparer toujours une paire d'avance, afin de n'être pas pris au dépourvu. Les deux cuirs de piston, que nous avons représentés sur une plus grande échelle (*fig. 10 et fig. 6, gg.*) placés en sens opposé, autour du piston, l'un pour empêcher l'entrée de l'air, l'autre pour arrêter la sortie de l'eau, sont les seuls qui demandent à être renouvelés de temps

à autre : et même en les garnissant d'étoupes , lorsqu'ils commencent à être usés , on les fait durer très-long-temps.

206. Au reste, le changement de ces cuirs peut s'opérer en une demi-heure, si la pompe est placée dans le puits , de manière à pouvoir être facilement démontée; car, c'est un défaut grave , que de la serrer contre les murs du puits , de telle sorte qu'on ne puisse pas, sans de grandes difficultés, en démonter les boulons.

Pour renouveler les cuirs du piston, on détache la clavette *h*, qui lie le piston à sa tringle, on le laisse descendre à fond dans le corps de pompe, on dévisse le plateau de pression *i*, on enlève les vieux cuirs *gg* et l'on remet en place les cuirs neufs, que l'on a trempés dans l'eau pour les humecter. On serre alors les boulons avec force, et, avant de remettre la machine en marche, on remplit d'eau la boîte du plateau de pression *i*, pour garantir le corps de pompe de l'entrée de l'air qui a lieu assez fréquemment, tant que les cuirs neufs ne sont pas bien imbibés.

En portant la course de cette pompe à 0^m40, elle peut fournir de l'eau à une machine de Woolf, de 15 ou 16 chevaux.

207. *De la hauteur à laquelle on doit placer la pompe dans le puits.* La place que la pompe doit occuper dans le puits, est un objet important à déterminer : à moins d'impossibilité absolue, il faut placer le puits sous la machine, afin de mettre la pompe dans le puits même. On y trouve deux avantages : le pre-

mier est d'avoir des tuyaux d'aspiration moins longs que si le puits se trouvait éloigné, et par conséquent beaucoup moins de perte de force : le second est de pouvoir placer la pompe un peu au-dessous de la moitié de la hauteur, à laquelle il faut élever l'eau, tant que cette moitié n'est pas supérieure à 6 ou 7^m, parce qu'au-dessus, l'aspiration de l'eau ne se fait plus aussi bien et le produit de la pompe diminue.

On a, en effet reconnu par expérience que c'était le rapport le plus avantageux à établir entre les longueurs des tuyaux d'aspiration et de refoulement(1), et c'est dans cette position que la pompe fournit son maximum d'eau.

208. *De la pose de la pompe.* On ne manquera donc pas de placer ainsi la pompe, plus bas d'une petite quantité que la moitié de la distance entre le niveau constant du puits, et la hauteur à laquelle on monte l'eau. Ce niveau constant, est le niveau auquel l'eau se maintient dans le puits, quand la pompe travaille à sa vitesse ordinaire. La pompe, si le puits se trouve sous la machine, sera-boulonnée sur un madrier de chêne de 0^m 11 (4°), posé en travers du puits, et scellé solidement dans ses parois : en ayant soin de ne pas placer les boulons trop près du bord du madrier, pour conserver au bois toute sa force. Il

(1) Nous devons ce rapport, auquel on n'a jusqu'à présent donné que peu d'attention, à l'amitié de M. Moulfarine, ingénieur-mécanicien, qui a fait sur ce sujet une suite d'expériences dont les résultats ont été très-importans.

sera quelquefois plus facile de boulonner la pompe sur le madrier , hors du puits , et de les descendre ensemble pour les y sceller. La pompe doit être parfaitement verticale , et la ligne d'aplomb passant par son centre , doit , comme nous l'avons dit , pour le centre du grand cylindre , et pour l'axe de la manivelle , partager verticalement en deux l'arc de cercle décrit dans sa course , par le tourillon qui soutient la tringle de la pompe , afin de partager en deux le faux tirage donné par cet arc de cercle , faux tirage qui , sur la grande longueur de cette tringle , et ainsi partagé , est à peine sensible.

209. Le centre de la pompe doit en même temps se trouver à l'aplomb du milieu des coussinets de cuir qui serrent le tourillon : ou , autrement dit , au milieu de la gorge du tourillon. On mettra la pompe parfaitement d'aplomb , pour que le piston ou au moins ses cuirs ne soient pas usés inégalement. Répétons ici qu'il faut l'écarter des murs du puits , pour pouvoir la démontrer et la remonter sans embarras ; cette précaution , à laquelle les monteurs ne donnent pas assez d'attention , est fort importante ; parce que de petites pertes de temps , et de petites difficultés qui se renouvellent sans cesse , quand elles eussent été faciles à éviter , deviennent très-sérieuses , et il en résulte souvent , qu'un travail qui ne demandait qu'un quart-d'heure , dure une ou deux heures , et que la machine en souffre ; c'est ainsi , par exemple , que faute d'avoir écarté la pompe des murs , l'on peut être obligé

de desserrer et de resserrer au burin des écrous que l'on eût, dans une autre position, facilement démontés à la clef, sans les couper ni les user.

210. Cette observation sur laquelle nous insistons, parce qu'au premier coup d'œil elle paraît minutieuse, trouve de fréquentes applications dans le montage des machines, et c'est un grand mérite dans les constructeurs, que de prévoir d'avance les accidents qui peuvent arriver à chacune des pièces de leurs machines, et d'en préparer le démontage et le raccomodage faciles et prompts.

211. *Des causes qui diminuent le produit des pompes à eau.* Nous avons dit que les meilleures pompes, et celles qui réunissent les conditions les plus favorables, ne fournissent pas exactement la quantité d'eau qu'elles devraient donner d'après leur diamètre et leur vitesse : Cette différence des résultats pratiques à ceux du calcul, est souvent très-grande dans des pompes bien construites : elle s'élève comme nous l'avons dit à $\frac{1}{16}$ ^m environ, de sorte qu'une pompe calculée et construite pour fournir par exemple 1600 litres d'eau par heure, n'en donnerait que 1500 environ.

Plusieurs causes concourent à augmenter cette perte dans la plupart des pompes; il est utile de les connaître.

212. *De la vitesse à leur donner.* On leur donne souvent trop de vitesse. Au-delà de 15 ou 16 coups de pistons par minute, avec une course de 1^m,20 environ, ou en d'autres termes, au-delà d'une vitesse de 0^m,50 à 0^m,40, par seconde, il paraît que le travail des pompes

diminue, et que pour donner le même produit elles consomment plus de force. — Et cet effet se conçoit facilement, quand on pense à la grande augmentation qui a lieu dans les frottemens de l'eau, dès que celle-ci prend une vitesse plus grande.

213. *Du diamètre des tuyaux d'aspiration et de refoulement.* Une autre cause concourt ordinairement à accroître ce fâcheux effet; c'est le diamètre trop petit que l'on donne aux tuyaux d'aspiration et de refoulement, et les étranglemens qu'éprouve l'eau en traversant le piston, ou les étroites soupapes de la plupart des pompes : il n'y a aucun inconvénient à rendre large le tuyau d'aspiration; il est même indispensable de lui donner le même diamètre qu'aux soupapes, pour que la vitesse et la direction de l'eau ne soient pas changées par cet étranglement. Celui de la pompe dont nous parlons a 0^m,08 (5^e) de diamètre, et cette largeur est la plus convenable à adopter pour la quantité d'eau qu'elle doit fournir. Mais il est plus important peut-être encore, ce que l'on néglige toujours, de donner au tuyau de refoulement un diamètre égal à celui des soupapes et du tuyau d'aspiration. Dans de petits tuyaux l'eau est refoulée difficilement, et le piston est obligé de vaincre un effort beaucoup plus grand.

214. Le tuyau de refoulement se termine avantageusement à sa partie supérieure par un tuyau vertical, fermé seulement par une pomme d'arrosoir mobile *k*, fig. 8. Cet tuyau supplémentaire s'élève à 1^m,30 (5 à 4 pieds) au dessus du tuyau où l'eau vient se dégorgier:

il sert à recevoir un instant l'eau qui n'aurait pas le temps de s'écouler pendant le refoulement du piston, et en outre à l'élever, au besoin, à une hauteur plus grande, si l'on voulait la faire couler ailleurs, en tout ou en partie, pour quelque service. On y réussirait en effet en adaptant un second tuyau de décharge, au dessus du tuyau d'écoulement, que l'on bouche alors d'une quantité déterminée, au moyen d'un tampon de bois.

215. Il ne faut pas oublier en tout cas de placer une pomme d'arrosoir au bas du tuyau d'aspiration, afin qu'aucune ordure, aucun caillou ne puisse être aspiré par la pompe.

216. *Nétoyage du puits.* Il nous reste à recommander aux manufacturiers de couvrir le puits avec un plancher solide, surtout s'il est placé immédiatement sous la machine à vapeur, afin d'arrêter toutes les pièces, boulons, rondelles, clefs, grains etc., qui pourraient y tomber, et sans cette précaution cela arriverait fréquemment. Les puits doivent en outre être nettoyés de temps en temps, surtout quand on voit diminuer la quantité d'eau qu'ils fournissent : un simple curage fait dans les sécheresses d'été, et pendant que la pompe travaille fortement, pour tenir le niveau de l'eau très-bas, suffit souvent pour augmenter considérablement le produit du puits. Au reste, il est beaucoup de puits qui s'améliorent par l'usage, et après une ou deux années de travail, fournissent une eau plus abondante et de meilleure qualité que celle qu'ils donnaient en premier lieu : de manière que des établissemens qui avaient été gênés par le manque d'eau, à leur for-

mation, ont fini par en être abondamment pourvus. Il ne faut pourtant pas compter sur cette amélioration douteuse, quand on veut monter une machine sur un puits trop faible.

DU MODÉRATEUR.

217. *Méthode pratique pour le régler.* Notre objet n'est pas d'entrer ici dans le détail de la construction des divers modérateurs à force centrifuge employés à régler les machines à vapeur. Il n'est pas de chauffeur qui ne sache que lorsque la machine prend une vitesse plus grande que sa vitesse de règle, les boulets du modérateur, s'écartent l'un de l'autre, et font marcher une douille qui glisse sur son axe de rotation. Cette douille, au moyen de leviers combinés, ferme le robinet d'introduction, et par conséquent ralentit la machine : quand celle-ci se ralentit, au contraire, les boulets se rapprochent, la douille marche en sens contraire, et ouvrant le robinet d'introduction, laisse entrer dans le cylindre une plus grande quantité de vapeur, et augmente par conséquent la vitesse de la machine.

Pour qu'un modérateur agisse utilement, il doit donc évidemment avoir une marche telle, que quand la machine travaille à sa vitesse de règle, les boulets du modérateur soient à moitié ouverts ; car alors si la machine se ralentit, les boulets peuvent se rapprocher et ouvrir le robinet : si au contraire la machine prend une vitesse trop grande, les boulets peuvent

s'éloigner l'un de l'autre , et fermer le robinet d'introduction.

218. *De sa vitesse moyenne.* Il s'agit donc, pour poser et régler un modérateur, de lui donner cette vitesse moyenne qui n'ouvre ses bras qu'à moitié de leur course. Or, quand le modérateur est commandé par des engrenages, sa vitesse a été déterminée par le constructeur, et ne peut pas varier, à moins de changer les engrenages : mais quand il est commandé par des poulies et une courroie, il est facile, en changeant le diamètre des poulies, de modifier sa vitesse. Chaque constructeur sait d'avance qu'elle est la vitesse de règle des modérateurs qu'il établit, parce qu'il en a calculé les dimensions pour une vitesse déterminée. Elle est ordinairement de 40 tours par minute pour les régulateurs qui sortent des ateliers de St.-Quentin, et c'est une vitesse souvent employée.

Mais quand on ne la connaît pas d'avance, le moyen le plus sûr pour bien régler un modérateur, est de le faire tourner par un moyen quelconque, une courroie et une manivelle, par exemple, etc., et de noter la vitesse qu'il possède, quand on le voit à moitié ouvert.

219. *Calcul des poulies de commande.* On calcule alors les diamètres des poulies, pour lui donner cette même vitesse moyenne, que l'on a trouvée par expérience.

Il ne sera pas inutile de donner ici un exemple de ce calcul bien simple.

Admettons que l'arbre du volant sur lequel on prend

le mouvement, fasse 25 révolutions en une minute, comme dans une machine de 46 chevaux, et que l'on veuille donner au régulateur 40 tours de vitesse. La poulie de commande, placée sur l'arbre du volant, ayant 0^m,38 (14), par exemple, on fait la proportion suivante, qui est une proportion inverse, parce que, plus la poulie du modérateur sera petite, plus sa vitesse sera grande.

La grande vitesse 40 tours est à la petite vitesse 25, comme le grand diamètre 0^m,38, et au petit diamètre x .

$$40 : 25 = 0^m,38 : \frac{25 \times 0,38}{40} = 0^m,24.$$

On multiplie 25 par 0^m,38, et on divise le produit par 40; le quotient donne le diamètre de la poulie du modérateur, qui lui fera faire 40 tours : ce diamètre sera 0^m,24. On observera que les rapports de diamètre de toutes les poulies et des engrenages, se calculent de même.

220. *Des limites dans lesquelles il régularise la vitesse des moteurs.* Le modérateur à force centrifuge est un moyen très-ingénieux de régler la vitesse des machines à vapeur, de manière à la rendre constante malgré les variations de pression de la vapeur et celles qui surviennent dans la charge de la machine, comme cela a lieu à chaque instant dans les ateliers où l'on emploie un grand nombre de métiers et d'outils différents; filatures, aiguiseries, etc.; et où une

partie de ces outils , est à chaque instant dégrénée et engrenée : ce qui change les charges de la machine, et en changerait la vitesse, si le modérateur ne la régularisait ; mais on sentira facilement que la course de ce modérateur n'a qu'une petite étendue : de manière, que si les changemens dans la charge, et dans la pression de la vapeur, sont trop considérables, comme cela a lieu sur les machines employées dans les forges, le modérateur prend une si grande ou une si petite vitesse, que ses boulets s'écartent jusqu'au bout de leur course, ou retombent tout-à-fait, et arrivés à ces deux points, le modérateur n'agit plus. Il faut alors que le chauffeur change lui-même l'ouverture du robinet d'introduction, pour ramener la machine à sa vitesse de régime, et rendre par conséquent au modérateur, sa vitesse moyenne et son action.

221. Il suit de là que le modérateur n'est utile que pour régulariser de légers changemens de vitesse, comme dans les filatures de coton et de laine, par exemple, où l'on ne peut pas obtenir de beaux produits, si le mouvement n'est pas parfaitement régulier et même, par une raison contraire à celle que nous venons de donner, on ne l'emploie avec succès que sur des machines à vapeur, car ceux que l'on a appliqués à des vannes de roues hydrauliques, ont presque tous été abandonnés, parce que les vannes, ordinairement larges, ne sont pas sensibles à des variations assez légères ni assez mobiles pour tomber dans les limites de l'action d'un modérateur : on est alors obligé d'employer des leviers compliqués, que le modérateur n'a plus la force de faire marcher.

222. *Des moyens d'étendre ces limites.* On peut quelquefois, au reste, augmenter la course du modérateur en augmentant la longueur de ses bras, et accroître ainsi l'étendue de son influence, si l'on s'aperçoit qu'il n'agit que dans des limites trop resserrées.

TROISIÈME PARTIE.

SOINS GÉNÉRAUX A DONNER AUX MACHINES A VAPEUR.

DES MASTICS.

223. *Des précautions que l'on doit prendre dans les masticages.* L'opération de mastiquer les pièces d'une machine à vapeur, qui, au premier coup-d'œil, peut paraître facile et peu intéressante, réclame au contraire une attention sérieuse et des soins minutieux.

Les masticages mal faits sont une des sources de pertes les plus grandes et les plus constantes ; l'air qu'ils sont destinés à arrêter, et qu'ils laissent pénétrer de toutes parts ; la vapeur qu'ils laissent échapper au lieu de la maintenir, anéantissent toute la force de la machine, et augmentent dans un grand rapport la consommation journalière de la houille.

D'un autre côté, la nécessité de les refaire souvent, entraîne des pertes de temps aussi graves que diffi-

ciles à apprécier, et des dépenses très-fortes en main-d'œuvre et en mastic; car le mastic rouge coûte fort cher, et c'est particulièrement celui qui, s'il est mal fait, demande le renouvellement le plus fréquent, et se trouve perdu complètement à chaque masticage. Il revient environ à 1 franc le kilogramme; et comme il est très-lourd, le masticage des plateaux d'une machine, est une dépense, en mastic seulement, de 2 à 5 francs, et, renouvelée fréquemment, elle finit par devenir importante : on ne saurait donc donner trop de soins aux masticages. Mais le seul moyen de les faire toujours bons et durables, c'est d'avoir des pièces bien ajustées et parfaitement dressées. Il n'y a pas de bon masticage, si cette condition n'est pas remplie; elle dépend du soin et de l'habileté des constructeurs. Et c'est au manufacturier qui achète une machine, ou tout autre appareil à vapeur, à en exiger l'accomplissement : ce sera pour lui une des meilleures garanties de la puissance, de la régularité et de l'économie d'entretien de sa machine. Nous reviendrons sur ce sujet dans la quatrième partie, en parlant de l'achat et de la réception des machines à vapeur.

224. Il est plusieurs espèces de mastics employés dans les machines à vapeur, suivant l'usage des pièces à mastiquer, et la pression de la vapeur à laquelle ils doivent résister. Les principaux sont :

1° le mastic de fonte, employé dans les ajustemens, que l'on ne démonte presque jamais; et partout où les pièces sont exposées à l'action du feu.

2° Le mastic rouge, employé dans tous les masti-

cages à haute et moyenne pression qui ne subissent pas l'action du feu, et sont exposés à être démontés souvent.

3° Le blanc de céruse en pâte, employé dans les mêmes circonstances que le précédent, mais dans les machines et les chauffages à basse pression.

225. *De la composition du mastic de fonte.* Les proportions à employer dans la composition de ce mastic, pour qu'il soit fort et qu'il prenne rapidement, sont les suivantes :

Limaille de fonte non oxidée, 25 à 30 parties ;

Sel ammoniac, 1 partie ;

Fleur de soufre, 1 partie.

Ces proportions peuvent néanmoins varier encore sans inconvénient marqué. Quelques mécaniciens y ajoutent 1 partie de foie d'antimoine ; mais nous n'en avons pas aperçu l'utilité, le mastic nous ayant paru aussi bon, sans cette addition. Watt a conseillé d'y mêler aussi une petite quantité de la poudre qui se ramasse dans l'auge des meules à aiguiser : cette poudre contenant du fer très-divisé, détermine plus promptement l'action chimique, entre la limaille de fonte et le soufre.

226. Il y a deux manières d'employer ce mastic : en pâte molle à froid, ou sec et chaud. Dans le raccommodage des tubes et chaudières, où il faut le comprimer entre deux plaques serrées par des écrous, il faut l'employer en pâte, et lui laisser prendre de la dureté pendant quelques jours ; parce qu'en s'échauffant lentement, il remplit mieux toutes les fentes et les joints

des pièces ajustées, et que la pression des écrous suffit pour le serrer convenablement ; mais toutes les fois que l'on peut le comprimer à coups de marteau, comme dans le masticage des cylindres, des bouilleurs, des boîtes à vapeur, du condenseur, etc., il faut l'employer sec et chaud, et il prendra, à l'instant même, toute sa dureté.

227. Pour le préparer par cette seconde méthode, on prend 6 ou 8 parties de limaille de fonte que l'on mêle avec le soufre et le sel ammoniac, et on humecte légèrement le tout avec de l'eau, ou avec de l'urine, qui paraît agir plus fortement : on le remue quelque temps ; mais quand il commence à s'échauffer, on l'humecte de nouveau, et on y ajoute, par parties, le reste de la limaille : il faut cependant lui conserver un léger degré d'humidité, et y ajouter de l'eau et de l'urine chaque fois qu'il commence à se sécher. Lorsqu'on le maintient ainsi à peu près sec, en un quart d'heure, ou une demi-heure au plus, il commence à s'échauffer fortement, et dégage une vive odeur de soufre (hydrosulfure d'ammoniaque) ; on l'humecte de nouveau, puis on l'emploie à l'instant même, pendant qu'il travaille encore, et parfaitement sec. Ainsi préparé, il prend immédiatement, sous les coups de marteau, la dureté de la fonte. A mesure que la combinaison du mélange s'achève, il se gonfle, et remplit toutes les petites ouvertures dans lesquelles on le chasse.

Si l'on tardait à s'en servir, après s'être vivement échauffé, la réaction du soufre et du fer étant termi-

née, il se refroidirait, et perdrait ainsi toute sa force et sa qualité. Quand on veut en conserver quelques jours une partie, on n'ajoute pas toute la limaille de fonte au premier mélange dont nous avons parlé, de 6 à 8 parties de limaille, avec le soufre et le sel ammoniac, mais on délaie ce mélange dans une quantité d'eau ou d'urine suffisante pour le noyer, afin de le garantir du contact de l'air ; il se conserve ainsi très-long-temps, et quand on veut l'employer, on ajoute, à cette pâte liquide, le reste de la limaille pour la rendre sèche, et elle s'échauffe alors promptement.

228. C'est, nous le répétons, avec ce mastic sec que l'on réunit les bouilleurs aux chaudières, les boîtes à vapeur aux cylindres, les cylindres et le condenseur à leur enveloppe, enfin toutes les pièces où l'on peut chasser fortement le mastic, et qui ne doivent être démontées que rarement. Il résiste parfaitement à l'action de l'eau et de la vapeur, et même assez bien à celle du feu. Cependant il faut, à moins de nécessité absolue, le laisser prendre toute sa force pendant deux jours environ avant de l'y exposer (7 et 8) ; avant ce temps, on courrait le danger d'être obligé de recommencer le masticage, parce qu'il laisserait fuir la vapeur ; et l'on sent facilement que la perte de temps serait, en définitive, beaucoup plus grande. Cependant, quand le temps presse, il faut employer le mastic le plus sec possible, augmenter un peu la dose de soufre et de sel ammoniac, pour hâter son durcissement, le comprimer plus fortement encore, et le sécher ensuite avec

un feu léger. Au moyen de ces précautions, on peut, sans inconvénient grave, le mettre en contact avec l'eau, ou la vapeur, 18 ou 24 heures après qu'il a été employé.

229. Lorsque l'on ne peut pas le comprimer à coup de mattoir, on le délaje avec de l'eau pour en faire une pâte molle, que l'on chauffe quelquefois afin d'en déterminer la combinaison, surtout si l'on est en hiver; et que l'on applique à la main, en en remplissant le plus possible l'espace que l'on veut boucher: c'est ainsi que l'on ferme les jointures des plaques de tôle qui composent les chaudières, ou que l'on raccommode les chaudières et les bouilleurs fendus, sur lesquels on ajuste une plaque boulonnée. Il faut, enfin, serrer les boulons de la plaque sur le mastic en pâte, comme on le fait sur du mastic rouge, avant qu'il ait eu le temps de se durcir, et lui laisser prendre entièrement toute sa dureté.

230. *Du mastic de fonte et de soufre fondu.* Il est un autre mastic, composé aussi de limaille de fonte et de soufre, et qui est employé principalement à boucher et cacher les trous ou les défauts des pièces de fonte. Pour le préparer, on fait fondre du soufre, et on y incorpore de la limaille de fonte; on en remplit les trous de pièces de fonte; enfin on l'arrose avec un peu d'eau contenant du sel ammoniac; il se couvre immédiatement de rouille, et il devient difficile d'en reconnaître la trace.

231. *Du mastic rouge, de sa préparation.* Dans les petits ajustemens, dans le masticage des pièces bien

dressées, et de celles que l'on est obligé de démonter souvent, et où l'on ne peut, par conséquent, pas se servir de mastic de fonte, on emploie le mastic rouge, composé de

Céruse. 1 partie,
Minium 1 partie.

Le tout sera parfaitement mélangé, et même tamisé ensemble, puis imbibé d'une petite quantité de bonne huile de lin ou de chenevis et à défaut d'huile de lin ou de chenevis, de toute autre huile siccative, que l'on ajoute seulement par petites parties, en battant le mélange avec un marteau pendant long-temps, et jusqu'à ce que la pâte soit bien liée et assez ferme. Il est bon, pour cela, de ne pas mêler immédiatement toute la céruse et le minium avec l'huile, parce que, sous les coups de marteau, la pâte, qui paraissait trop sèche au premier instant, devient bientôt trop molle, et n'a plus assez de corps pour faire de bons masticages.

Il faut donc se réserver les moyens d'y ajouter une nouvelle quantité de matière sèche, et la battre de nouveau : le mastic doit être assez consistant pour résister un peu à la pression qu'on lui fait subir en serrant les pièces que l'on mastique. En effet, s'il était trop mou, il ne remplirait pas aussi bien les fentes que l'on doit boucher ; et quand la vapeur viendrait à agir dessus, il ne se durcirait pas aussi vite, et la laisserait probablement échapper. Il faudrait, dans ce cas, recommencer entièrement le masticage : observons aussi que tant qu'il n'est pas sec il se ramollit encore à la première action de la chaleur, ce qui doit

engager à l'employer très-ferme quand on mastique une pièce chaude. La pâte sera assez ferme et assez liante quand on pourra en former de petits rouleaux sans la casser.

232. De son emploi. Ce mastic résiste bien à l'action de la vapeur, dans les machines à basse ou à haute pression, quoiqu'à la longue il se décompose, et que le plomb se revivifie en partie par l'action combinée de l'huile et de la vapeur; mais il ne résiste pas à l'action directe du feu. Un de ses principaux avantages est de pouvoir travailler immédiatement avec les pièces dans lesquelles on l'a employé. C'est le mastic dont on se sert le plus fréquemment pour les plateaux des cylindres, et les bottes, par exemple, et l'ajustement de tous les tuyaux.

235. Si l'on veut mastiquer ensemble deux tuyaux *ab* (*Pl. 8, fig. I^{re}*) ajustés avec une double bride de fer *cd*, on taille une rondelle de plomb de l'épaisseur d'un millimètre environ. On la frotte avec un peu d'huile de lin, pour que le mastic s'y attache plus facilement; on étend de chaque côté de la rondelle une couche de mastic rouge, de 3 ou 4 millimètres d'épaisseur; on la recouvre de quelques filamens d'étoupe, pour maintenir et lier encore mieux le mastic, et lui donner plus de corps quand il sera sec. On place cette rondelle entre les deux tuyaux, que l'on réunit ensuite fortement au moyen des boulons.

Il faut prendre garde que le mastic comprimé ne bouche pas l'ouverture des tuyaux; une des meilleures précautions à prendre pour éviter cet inconvénient,

et dans tous les masticages en général, c'est de n'employer que la quantité de mastic rigoureusement nécessaire, et de le bien disposer avec soin au bord de l'ajustement que l'on doit former. Mais il faut en outre, lorsque l'on ajuste des tuyaux de cuivre, en laisser dessaillir l'extrémité g d'un centimètre environ au-delà du collet qui sert à réunir les tuyaux. Cette saillie doit entrer dans le tuyau correspondant, de manière à empêcher le mastic d'y pénétrer.

234. Ce mastic rouge sèche promptement quand il est échauffé par la vapeur; il est d'une grande utilité, mais il coûte assez cher.

Nous y avons apporté une modification qui en réduit le prix de moitié et qui atteint entièrement le même but.

Nous le composons d'une partie de minium, une partie de céruse et deux de terre de pipe bien sèche, le tout préparé et battu avec de l'huile de lin, comme le mastic précédent; il est plus long à travailler, mais il est très-ferme, bien liant et résiste parfaitement à la vapeur; nous recommanderons ici de n'employer, autant que possible, que de la céruse pure et sans être mêlée à du sulfate de baryte ou à de la craie, comme cela a presque toujours lieu, parce que ces matières étrangères ne servent à rien dans le mastic et en diminuent la force. Ce mastic, préparé avec de la terre de pipe, devient beaucoup plus liant, au bout de vingt-quatre heures, qu'il ne l'était au premier moment; aussi conseillons-nous de le préparer d'avance.

Le mastic rouge se durcit au bout de deux ou trois jours, mais on peut le conserver quelques temps sous l'eau ; il est même prudent d'en avoir une petite quantité d'avance en cas d'accident.

255. Nous allons donner un exemple de ce masticage. Pour mastiquer le plateau d'un cylindre, on le nettoie et on le gratte avec soin, puis on frotte légèrement le rebord avec de l'huile de lin, afin que la fonte trop sèche ne boive pas immédiatement l'huile du mastic et ne l'empêche d'adhérer complètement. On place alors sur le rebord un petit boudin de mastic, que l'on enveloppe quelquefois d'étoupes, tandis que d'autres mécaniciens se contentent de le couvrir de quelques filamens de chanvre pour lui donner plus de résistance. Il faut avoir soin de ne pas l'écraser fortement avec le doigt, parce qu'il ne pénétrerait plus dans les fentes et les défauts du plateau pour les boucher. On le couvre alors d'une rondelle de plomb, quel'on garnit en dessus d'un nouveau boudin de mastic et d'étoupes ; on y descend le plateau, et l'on en serre les écrous. Nous avons indiqué, en parlant des cylindres (99), les précautions à prendre pour serrer ces boulons. Tous les autres ajustemens au mastic rouge sont du même genre. Nous rappellerons seulement aux chauffeurs, en insistant sur cette observation, que ce n'est pas la grande quantité du mastic, mais sa bonne disposition qui fait les bons assemblages.

256. M. Tredgold indique un moyen assez utile de fermer les ajustemens des pièces qui sont parfaitement dressées, c'est d'y placer un anneau en fil de cuivre ;

la pression des boulons suffit pour aplatis le fil de cuivre, et former tout passage à la vapeur, même à haute pression.

237. Dans les machines à basse pression, on emploie un masticage plus rapide et un peu plus économique. Il consiste à placer entre les parties que l'on doit ajuster, une rondelle de carton, et à la couvrir, de chaque côté, d'une couche de céruse broyée en pâte avec de l'huile de lin. Cependant le mastic rouge, en petite quantité, résiste encore mieux à la vapeur.

COMMUNICATIONS DE MOUVEMENTS.

238. L'instruction d'un chauffeur ne serait pas complète, si, en même temps qu'il est en état de conduire une machine et de corriger ses défauts, il ne savait pas en même temps quels soins et quelles réparations demandent les communications de mouvement, dont la surveillance peut lui être aussi confiée.

Nous allons passer successivement en revue les communications de mouvement le plus fréquemment employées ; les arbres, leurs paliers et leurs coussinets ou grains de cuivre, les engrenages, courroies, tendeurs, cordes et chaînes.

239. *Des arbres et des paliers.* Tout ce que nous avons dit des grains de cuivre, des machines à vapeur, à l'article de la bielle (137), s'applique aux arbres et aux paliers qui les portent. Il faut les graisser régulièrement tous les jours avec de bonne huile d'olive ou de pied de bœuf, et lorsque l'on emploie des huiles

de colza , il faut avoir soin de déboucher tous les jours les lumières des grains, parce que ces huiles forment un cambouis très-épais, et que le grain, s'il était sec, serait immédiatement rongé. Il faut aussi, surtout dans les moulins à blé, où il y a toujours une grande évaporation de farine, tenir les lumières fermées avec de petites chevilles de bois, pour empêcher la poussière d'y pénétrer.

On ne doit pas serrer trop fortement les paliers dans lesquels tournent les arbres. Un tour d'écrou de trop donne aux machines une charge énorme, qui suffirait souvent pour les arrêter si l'arbre était gros. C'est un objet qui demande une surveillance très-active, surtout dans les ateliers où il y a de longues communications de mouvement, et où une petite perte de force, sur chaque palier, produit une somme considérable de frottemens.

240. *Des grains.* Les grains de cuivre jaune ou laiton, employés presque uniquement jusqu'à ce jour, ont le grand défaut de s'échauffer promptement, et d'être mangés en peu d'instans, quand on les laisse frotter à sec. On emploie aujourd'hui, à cet usage, un alliage analogue au métal des cloches et des canons. Il est composé de

2 parties de cuivre rouge,

1 partie d'étain.

On peut, à défaut de cuivre rouge, y employer du laiton; mais l'alliage n'est plus aussi bon.

Cet alliage est beaucoup moins sujet à s'échauffer que le cuivre jaune, et doit remplacer complètement

celui-ci dans les grains des machines , et même dans la fabrication des petits engrenages employés dans un grand nombre de machines. Pour ce dernier objet l'on trouve dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse* les proportions suivantes indiquées comme les meilleures et les plus économiques.

Cuivre^e rouge , 9 parties.

Etain , 1 partie.

241. Quelques observations sur le graissage et le raccommodage des grains de cuivre compléteront ce que nous avons à en dire.

Lorsque les grains sont bien entretenus , ils peuvent durer très-long-temps , et ne doivent même pas s'user ; mais , pour cela , il les faut graisser souvent , toutes les douze heures au moins , et quelquefois plus fréquemment quand ils fatiguent beaucoup , ou que les tourillons qu'ils portent ont une très-grande vitesse. Ceux des crapaudines qui portent des arbres verticaux , ou des fusées de moulin , pouvant rester constamment pleins d'un mélange d'huile et de graisse , ne demandent pas autant de soin ; il suffit de renouveler le mélange quand il vient à s'épaissir. Plusieurs meûniers assurent qu'en mêlant du sel à la graisse dont on remplit les crapaudines de cuivre , on les empêche de s'échauffer : le fait est possible ; nous ne saurions l'affirmer , mais au reste nous n'y avons trouvé aucun inconvénient.

242. Les clavettes qui pressent les grains , ne doivent pas être trop serrées , afin qu'il reste toujours une légère couche d'huile ou de graisse entre le tourillon

et le cuivre, car dès qu'ils frottent à sec, ils s'échauffent et se détruisent. Il faut en outre les garantir soigneusement de la poussière ou du sable qui les rayerait, et augmenterait le frottement. Aussi doit-on éviter de nétoyer les grains, et surtout ceux du parallélogramme, avec de l'émeri; et si on était obligé de le faire, il faudrait les frotter d'huile à plusieurs reprises, pour n'en laisser aucune trace sur les cuivres. Si cependant quelque grain vient à s'user par défaut de surveillance, il faut comme nous l'avons dit, tourner et limer de nouveau le tourillon de fer, qui, en s'échauffant, s'est couvert d'une couche de cuivre, parce qu'il recommencerait de suite à s'échauffer : et s'il était trop affaibli, on devrait ensuite le recharger d'une virole de fer mise à chaud, puis le tourner de nouveau. On ajoute ensuite au grain qui est usé, une épaisseur de cuivre soudé à l'étain, quoique la chaleur du frottement détache assez facilement ces épaisseurs, quand on n'a pas le soin de les mettre à queue d'hironde. Pour recharger les grains usés on les nétoie parfaitement, et on dresse leur surface intérieure; on y entaille à queue, la place de l'épaisseur qui doit être faite d'une feuille de cuivre jaune, très-propre; on l'y ajuste *pl. 5, fig. 7*. On étame ensuite le grain, et l'épaisseur assez fortement, on les applique l'un sur l'autre à chaud, et en passant un fer à souder sur l'épaisseur, on les réunit ensemble; enfin on soude encore à l'étain tous les bords de la feuille, en faisant couler la soudure dans les es-

pages vides, et ceux qui n'ont pas pris : ensuite on lime et ajuste le tout. Un grain ainsi rechargé peut durer long-temps encore.

245. Nous avons déjà fait observer, en parlant du parallélogramme (122), que l'entretien des grains est de la plus haute importance, non-seulement pour que la machine n'éprouve pas de secousses, mais encore, pour que le parallélogramme ne se dérègle pas. Car il est évident que les grains, en s'usant, changent les niveaux des pièces qu'ils supportent. Ce doit être l'objet d'une attention toute particulière.

244. *Des grains en bois dur, et des galets.* On remplace quelquefois ces grains de cuivre par des grains en bois dur, comme le gayac ou le sorbier. Le frottement est plus doux alors, les grains ne s'usent presque pas; mais le tourillon même de l'arbre est à son tour mangé, ce qui est un inconvénient beaucoup plus grave, puisque l'on ne peut pas remplacer un tourillon comme on remplace un grain. Quand la charge est très-légère, et la vitesse de l'arbre petite, on peut cependant employer avec succès des grains en bois; on s'est même servi de grains en étain dans quelques cas, mais ils sont plus chers que ceux de bronze. Il en est des galets sur lesquels on fait quelquefois tourner des arbres, comme des grains en bois à peu près. Quand ils sont grands le frottement est certainement beaucoup moins considérable; mais il suffit qu'ils se dérangent pour devenir immédiatement très-mauvais, et leur raccommodage est

toujours long et difficile. C'est un procédé qui n'est bon que pour des arbres qui ont une charge légère et une grande vitesse.

245. *Des grains en fonte et en acier.* On emploie avec succès des paliers entièrement en fonte, pour porter des arbres de fonte, chargés d'un grand poids, comme ceux des roues hydrauliques : parce que dans ce cas, les grains de cuivre s'écrasent sous la charge. Nous conseillons alors l'emploi des grains en acier trempé, sur lesquels l'arbre ne porte que par une petite surface (*Pl. 8, fig. 4*). Nous sommes convaincus qu'ils résisteront parfaitement, et à la charge et au frottement, et seront peu exposés à s'échauffer.

Nous avons employés aussi avec succès, l'acier fondu pour faire des grains de crapaudines, et surtout de celles qui portent les fusées dans les moulins à blé. Lorsque ces grains sont en cuivre, la charge que leur donne le poids de la meule, du pignon et de la fusée, et la grande vitesse de cette dernière, les échauffe et les fore très-vite, et cet échauffement donne un tel surcroît de charge, qu'il ralentit considérablement la vitesse du moteur.

En garnissant le fond de ces crapaudines avec de l'acier fondu, et le trempant très-dur, on obtient un frottement doux, régulier, et, on n'éprouve jamais ni échauffement, ni usure.

246. *Des engrenages.* Quant aux engrenages, ils doivent aussi être graissés régulièrement avec du suif mêlé de plombagine, et auquel il est bon d'ajouter du savon, et un peu d'huile pour le rendre plus gras. La

graisse des os remplit encore parfaitement cet objet ; on applique facilement cette graisse sur le côté travaillant des dents, à l'aide d'une brosse et pendant qu'elles marchent, en ayant soin seulement de placer la brosse du côté où les deux roues s'éloignent l'une de l'autre, afin que si, par malheur, elle échappait de la main, elle ne soit pas entraînée entre les deux roues qu'elle pourrait briser. ,

247. *Du jeu que prennent les dents de bois.* Après avoir travaillé quelque temps, les dents de bois se dessèchent ordinairement, et prennent du jeu dans leurs mortaises, ce qui occasionne un bruit désagréable et les expose à se briser. Il est facile d'en arracher alors les goupilles, de sortir les dents des mortaises, et de les y faire rentrer à force, en les callant avec du gros papier ou du carton.

Lorsque les dents en bois d'une roue sont usées de manière à engrener mal, ou quand un assez grand nombre en a été brisé par quelque accident, il vaut mieux renouveler entièrement toute la denture, parce que les dents nouvelles, à moins d'être diminuées considérablement sur leur épaisseur, ne s'accorderaient pas avec les anciennes, et seraient bientôt mangées.

248. *Des bois à employer pour les dents.* Les meilleurs bois à employer, sont le bois de gayac, de sorbier, d'alisier et de charme, parfaitement secs et durs, ou le bois de fer, s'il était moins rare ; le bois de hêtre employé très-souvent, parce que les bois que nous venons de citer sont plus chers ou plus

rare, donne aussi de bonnes dents; mais il a le défaut de s'altérer et de passer promptement quand il est exposé à l'humidité, comme le sont quelquefois les engrenages placés sur les arbres des roues hydrauliques.

Quand ces bois sont trop nouveaux, on les fait bouillir dans l'huile, et l'on est moins exposé à les voir se retirer en se desséchant. Cependant ils deviennent quelquefois cassans par ce procédé. Au reste, lorsque l'on divise la denture d'une roue, avec toute l'exactitude nécessaire, on peut être assuré, que fût-elle en bois bien moins dur que le hêtre, pourvu qu'il soit sec, elle durera très-long-temps, plusieurs années, par exemple. La conservation des dents dépend presque uniquement de l'exactitude avec laquelle elles sont divisées, et de l'invariabilité des arbres qui les portent comme nous le montrerons plus loin.

249. *Des mortaises des dents.* Les mortaises que l'on fait ordinairement dans les roues, sont droites, de manière que le talon de la dent qui repose sur le cercle extérieur de la roue est coupé d'équerre. Il est impossible, avec ce genre de mortaises, de conserver intacte la denture d'une roue; les talons éclatent constamment, et alors les dents se dessèchent, et passent au travers de la mortaise. Nous avons écarté complètement ce danger, en faisant le haut des mortaises en coin sur le travers de la roue (*Pl. 8, fig. 9*), de manière que le talon coupé aussi en coin, et pris par les côtés dans la fonte, ne peut jamais se briser, ni les dents passer au travers de la mortaise.

Plusieurs mécaniciens ont été obligés de faire buser des roues de fonte à dents de bois, pour donner cette forme conique à leurs mortaises, parce qu'aucune des dentures qu'ils y ajustaient ne résistait au travail. Nous conseillons aux manufacturiers qui se trouveraient obligés de remplacer souvent les dents de leurs roues, l'emploi de ce moyen, dont le succès est assuré, et qui, en définitive, est plus économique que le changement réitéré des dents, parce que celles-ci, fabriquées en bon bois, coûtent fort cher.

250. Les roues à dents de bois qui ont plus de 6 à 7 pouces de largeur ne doivent pas avoir une mortaise de toute leur largeur. Le cercle de fonte de la roue serait dangereusement affaibli; elle doit être divisée en deux par un anneau plein, de sorte que chaque dent de la roue est composée de deux dents de bois ajustées l'une auprès de l'autre et taillées ensemble.

251. *De la préparation et de la pose des dents.* En tout cas, ces dents doivent être débitées, un peu plus épaisses que ne l'exige le pas de la roue, parce qu'il arrive souvent que les mortaises ne sont pas parfaitement espacées, et que l'on est obligé de regagner la division exacte, sur les dents de bois (*Pl. 8 fig. 3aaa*). Elles doivent être ajustées avec soin et chassées à force, en prenant garde toutefois de briser la fonte; car si le bois est très-dur et très-sec, on est exposé à fendre les roues, en chassant leurs dents, et même à les voir se fendre plus tard, si ces roues étant exposées à l'humidité, les dents viennent à renfler; cependant elles ne sont jamais trop solidement fixées. On

passé alors au travers de la queue des dents , une goupille de fer *g*, qui les retient, quand elles se dessèchent et prennent du jeu. Nous ne saurions trop fortement recommander de substituer partout les goupilles de fer aux clefs de bois, que l'on met souvent derrière les dents. Ces clefs se dessèchent comme les dents, tombent souvent aussi, ou les laissent au moins échapper sans peine, et peuvent, en s'engageant entre les engrenages, les faire rompre. Les goupilles donnent, au contraire, beaucoup de solidité aux dents, et lorsque les trous dans lesquels on les chasse, ne sont pas trop larges, on n'a pas à craindre de les voir tomber dans les roues auxquelles, en tout cas, elles ne feraient que peu de mal.

252. On ne peut prendre trop de précautions pour empêcher les dents de tomber, ou même de sortir en partie de leurs mortaises; car, dans ce cas, la roue à dents de fonte, au lieu de s'engager dans l'intervalle des dents comme à l'ordinaire, est souvent forcée, par la dent qui s'échappe, à monter sur la plus voisine, et fait ainsi le tour entier de la roue, en écrasant toutes les dents avec un bruit et des secousses effrayantes; et un effort de ce genre est plus que suffisant pour faire rompre plusieurs engrenages à la suite, et quelquefois même les machines qu'elles conduisent, ou celle qui les conduit. Il n'est pas rare de voir ainsi une garniture entière d'engrenages à dents de bois rassemblée en un tour de roue, faute d'avoir vérifié ou rétabli la solidité d'une ou deux dents.

253. *Du tournage des engrenages à dents de bois.*

Quand les dents sont parfaitement ajustées, on tourne la denture entière, si l'on est en position de le faire. Pour cela, on remplit les intervalles avec des coins de bois (*fig. 2 a*). Il est toujours plus facile de diviser exactement et de bien caller une roue lorsqu'elle est tournée; et il ne faut s'en dispenser que quand il est impossible de le faire.

254. En tournant une roue d'angle, on doit avoir soin de donner à la face supérieure des dents *a, b*, (*fig. 10, pl. 8*) l'inclinaison exacte, déterminée par le rapport du diamètre des deux roues qui engrènent ensemble. Voici comme l'on trouvera l'inclinaison de ces dents, ou autrement dit, l'angle que leur face supérieure *qb* fait avec une ligne *cd* ou une règle, placée, sur le côté de la roue, perpendiculairement à son axe.

255. On placera une règle sur le grand côté *ef* de la roue d'angle, à dents de fonte; puis, avec une fausse équerre, on prendra l'angle *feg* que forme la règle, avec le fond de l'intervalle des deux dents de fonte: on reportera cet angle *feg* sur un plancher, comme on le voit en (*thl, même fig.*); puis, au sommet de cet angle, on élèvera une ligne *hin*, perpendiculaire au grand côté de la roue de fonte; l'angle *lhm*, formé par cette perpendiculaire, et le fond de l'intervalle des dents de fonte, ou, en d'autres termes, le complément de l'angle *feg*, ou son égal *ihl*, que nous venons de prendre avec la fausse équerre, sera l'inclinaison de la face supérieure *ab* des dents de bois sur le grand côté *cd* de la roue à dents de bois. Le dessus de ces dents de bois coïncide, à quelques millimètres près,

avec le fond de l'intervalle des dents de fonte, de manière qu'il n'y a pas d'erreur sensible à prendre l'inclinaison du fond des dents de fonte pour celle du dessus des dents de bois. On fait alors un patron, formé d'une règle *hm*, qui peut se poser sur le grand côté de la roue que l'on tourne, et d'une autre petite règle *hl*, clouée solidement sur la première, et formant avec elle l'angle *lhm* que nous venons de déterminer. C'est ce patron qui sert à régler l'inclinaison de la surface des dents de bois, en ayant soin que chaque fois que l'on s'en sert, sa direction passe toujours par le centre de la roue.

256. Dans le cas où on ne pourrait pas poser la règle sur le grand côté de la roue, il faudrait faire un patron avec deux règles inclinées entre elles, comme les faces supérieures *ab* et *no* : ces deux règles seraient clouées ensemble en *g*, et formeraient entre elles l'angle *ago*. Il sera facile alors de présenter le patron *ago* sur la roue pendant qu'on la tournera, en le faisant toujours passer par le centre. On trace ensuite sur la denture la ligne de portée, c'est-à-dire le cercle de contact des deux roues, ou le cercle primitif des roues *bc*, *fig. 5*. Dans les roues à petites dentures employées aujourd'hui, cette ligne de portée est placée à 20 millimètres (9 lig.) du fond des dents, et à 14 ou 15 millim. (5 à 6 lign.) de leur extrémité. Si l'on ne tourne pas la roue, on la trace avec un grand compas. C'est sur cette ligne que se fait la division des dents et le callage de la roue.

Si la roue est callée sur un arbre, et que l'on ne puisse

pas porter au centre la pointe du compas, on marque sur une dent la place de la ligne de portée, et en faisant tourner la roue bien centrée et bien dégauchie, comme sur un tour, devant une pointe d'acier fixe, on trace cette ligne sur toute la circonférence.

257. *De la division des dents.* Pour diviser les dents, on prend sur la roue à dents de fonte, qui correspond à celle à dents de bois, que l'on divise. *le pas des dents*, c'est-à-dire la distance *di* (fig. 5) du milieu d'une dent au milieu de l'autre. Ces espaces doivent être rigoureusement égaux sur toute la circonférence des deux roues; car on sent qu'une légère erreur, répétée autant de fois qu'il y a de dents sur une roue, deviendrait très-grave. On sent aussi, que les dents de bois doivent, quand on les ajuste, être très-épaisses; car, quoique les mortaises ne soient pas toujours parfaitement espacées, il faut néanmoins que la division des dents, faite avec la plus grande exactitude, tombe encore au milieu de la dent qui se trouve placée un peu de côté, et qu'il reste assez de bois pour donner à cette dent autant d'épaisseur qu'aux autres (*voyez*, dans la même figure, les mortaises mal divisées, et les dents *aaa* que l'on y a ajustées). Il faut, en un mot, corriger sur les dents de bois l'erreur de division des mortaises. Si, en effet, la division tombait sur la dent *a*, de telle sorte que, depuis le centre de cette dent jusqu'à son bord, il ne restât pas une demi-épaisseur de dent, on serait obligé d'enlever cette dent et d'y en substituer une autre, dont le bois fût taillé de côté, comme l'indi-

quent les dents *a*, où la partie ponctuée montre la dent ajustée en premier lieu, dans la mortaise et trop étroite pour être divisée exactement. Ainsi coupée de côté, elle se raccordera avec la division de la roue.

258. Si cette opération n'était pas faite avec la plus grande précision, les dents de bois se mangeraient rapidement : cependant il est rare que les roues donnent rigoureusement une division conforme à la dimension du pas : il se trouve souvent, sur la circonférence entière, une erreur qui peut s'élever à une ou deux lignes, surtout quand les roues sont grandes ; il faut alors répartir cette légère erreur sur toutes les dents, et elle devient entièrement inappréciable.

259. Que si les mortaises étaient assez mal espacées pour que l'on ne pût pas atteindre rigoureusement une division exacte des dents, sur toute la circonférence, parce que l'erreur commise sur une dent s'ajoute à chaque dent, et inappréciable sur la première, devient bientôt considérable ; il faudrait partager la roue en plusieurs parties égales, en quatre ou huit parties, par exemple ; rechercher le pas qui diviserait exactement chacune de ces parties séparément. La différence de l'un de ces pas à l'autre serait alors si faible, qu'il deviendrait impossible de s'en apercevoir sur une dent seule, et d'en éprouver aucun inconvénient pratique ; parce que quand deux roues engrènent et tournent ensemble, l'erreur légère d'une dent ne s'ajoute pas à l'erreur des autres.

260. *Mesure d'un pas employé dans plusieurs ateliers.* Plusieurs mécaniciens ont avec raison jugé utile

d'adopter, pour le pas de leurs roues, une mesure commune : ils y ont, en effet, trouvé cet avantage, que leurs roues peuvent toutes engrener avec celles des autres ateliers qui emploient le même pas. Ainsi une mesure qui donne une force suffisante aux engrenages, et qui est usitée dans plusieurs ateliers de France et d'Angleterre, pour le pas des dents, est celle de 2 pouces anglais, ou de 0^m,0508, ou à bien peu de chose près, 22 lignes 1/2 de France.

261. *Tracé de l'épaisseur des dents.* Quand une roue est ainsi divisée, et que le milieu de toutes les dents est marqué, on trace au compas leur épaisseur, qui doit être un peu moindre que l'intervalle laissé entre les dents de la roue de fonte. On y laisse ainsi un jeu de 2 à 3 millimètres environ, pour que les dents ne soient pas trop serrées dans leur marche, et ne se touchent pas par-derrière (1). Pour tracer ces épaisseurs parallèlement à l'axe de l'engrenage, après avoir porté au compas la moitié de l'épaisseur, de chaque côté des centres, on le trace au crayon sur le bout des dents, et on élève, par chacun de ces points de division, des lignes perpendiculaires, au côté tourné des dents; soit par exemple (fig. 6), une portion d'engrenage, de bois tournées, et *abcde* les points de division des dents. Il s'agit seulement d'élever sur ces points des perpendiculaires par le procédé géométrique ordinaire, ce qu'on nomme le *trait carré*. Or, comme la distance du bord *a*, d'une dent au bord semblable *c*

(1) Pour avoir l'épaisseur des dents de bois, on divise ordinairement le pas par 2,4.

de l'autre, est égal à la distance pareille de c en e , il suffit, si l'on veut élever, par exemple, une perpendiculaire en c , de prendre pour les centres des arcs de cercle qui se recoupent en f , les points a et e . En prenant ainsi successivement tous les points $a b c d e$, pour centre d'arcs de cercle, on élève par tous ces points des lignes perpendiculaires au côté de la roue, et par conséquent parallèles entr'elles, si ce sont les dents d'un engrenage de champ; ou concourant toutes au même centre, si ce sont les dents d'une roue d'angle. On voit que, par ce moyen, la diminution de largeur des dents des roues d'angle, de la circonférence au centre, se trouve facilement déterminée. Ce procédé est aussi rapide qu'il est sûr, parce que les divisions sont toutes faites d'avance.

262. *De leur courbure.* On refend les dents suivant ces lignes ainsi tracées, en se servant d'une lame de scie très-mince. On trace ensuite leur courbure si on le juge nécessaire : pour cela, on pose la pointe du compas sur le centre f (fig. 3) d'une dent; on prend pour rayon la distance fe du centre de cette dent, au côté extérieur de la plus prochaine, et en traçant le cercle emh , on détermine à la fois la courbure de deux dents. Cette forme de dent est assez exacte en pratique : elle est facile à déterminer et à tracer. On fait la même opération, en prenant successivement pour centre, le milieu de chacune des dents, et il ne reste plus qu'à rectifier, suivant le tracé que l'on vient de faire, la division et l'épaisseur des dents et à leur donner la courbure au ciseau, ce qui vaut mieux que de le faire

à la râpe, parce que celle-ci, donne souvent des dents dont les flancs sont arrondis, et ne sont en contact avec les dents de fonte que par quelques points : car il faut, nous le répétons, donner aux dents des roues de champ ou roues droites, une égale épaisseur sur toute leur largeur, et les couper perpendiculairement au plan dans lequel tourne la roue, c'est-à-dire, parallèlement au bord des mortaises, et à l'axe de rotation de la roue, afin que, quand elles travailleront, les dents portent en même temps sur toute leur largeur et que l'effort y soit parfaitement égal.

263. *De l'emploi des calibres.* Au lieu de tracer ainsi successivement toutes les dents, on peut aussi en tracer une seule, et faire un calibre en tôle ou en cuivre (*fig. 8*), qui ait la forme de la dent, et que l'on fixe au centre *a*, de la roue, par une tige de fer, comme à l'extrémité d'un grand compas. Ce calibre sert à tracer successivement l'épaisseur de toutes les dents, et à en vérifier la taille. Nous avons trouvé utile d'y fixer une double pointe de fer *bc*, qui, quand ce calibre est en place, va se poser sur les deux centres des dents les plus voisines, afin que l'écartement de toutes soit parfaitement égal; de sorte que l'espace *bc*, est égal à deux fois le pas de la roue, et que le centre du calibre coïncide parfaitement avec le centre de la dent à tracer. Un autre calibre (*fig. 5*), comprenant deux ou trois dents, et où les dents sont taillées en vide, sert à s'assurer qu'elles ont une épaisseur égale sur toute leur largeur, et à en déterminer la courbure.

264. Voici donc , en deux mots, la marche à suivre pour diviser un engrenage :

1° Le tourner en donnant aux dents des roues d'angle , l'inclinaison nécessaire , et prenant pour l'inclinaison de la face supérieure des dents de bois , le complément de l'angle que forme le fond des dents de fonte , avec le grand côté de leur roue.

2° Tracer la ligne de portée sur les dents de l'anneau de l'engrenage à la même distance que dans la roue à dents de fonte.

3° Diviser les dents de milieu en milieu, en prenant le pas sur la roue à dents de fonte.

4° Marquer leur épaisseur de chaque côté des centres des dents.

5° Reporter cette épaisseur sur le flanc des dents au moyen du trait carré et de perpendiculaires.

6° Refendre les dents à la scie.

7° Les rectifier et leur donner la courbure au ciseau, et à l'aide d'un calibre ou les dents sont coupées en creux.

265. Quand les dents sont ainsi taillées avec soin , il ne reste plus qu'à donner un coup de lime à celles qui pourraient avoir de légers défauts ; ce qui s'aperçoit facilement après que la roue a marché quelques instans avec les dents de fonte. On n'oubliera pas qu'il est prudent de faire marcher les roues à bras d'homme pendant deux ou trois tours , pour s'assurer que rien ne peut se briser. Il faut surtout examiner si les dents ne se touchent pas par derrière, parce que, si elles étaient ainsi pincées, les frottemens seraient

beaucoup plus durs. Un coup de ciseau ou de râpe corrigera aisément ce défaut.

Les dents des roues d'angle s'ajustent par le même procédé; mais elles doivent être plus épaisses à l'extérieur qu'à l'intérieur. Pour cela, le calibre toujours armé de deux pointes, qui se fixent sur le centre des deux dents voisines, doit déterminer la largeur des dents aux deux extrémités. Cette largeur est facile à trouver par le procédé du trait carré, que nous avons indiqué plus haut.

266. *Usure des roues d'angle callées sur arbre vertical.*

On remarquera que les roues d'angle qui sont fixées sur des arbres verticaux, sont exposées à s'user très-rapidement quand un frein en fer ne les empêche pas de glisser sur leurs calles : c'est ce qui arrive toujours lorsque la roue qui engrène avec elles se trouve placée au-dessus; parce que l'huile que l'on verse sur le tourillon de l'arbre vertical graisse les calles, et les empêche de maintenir solidement la roue, que l'effort de l'autre engrenage pousse toujours en bas; et dès que celui qui est horizontal a glissé d'une petite quantité, les dents de fonte, qui n'engrènent plus assez, forment immédiatement un bourrelet dans les dents de bois, et, s'appuyant sur ce bourrelet, qui augmente tous les jours, font descendre la roue de plus en plus. Outre le collier de fer destiné à soutenir cette roue; il est encore utile d'en remplir le noyau avec du mastic de fonte, qui préserve long-temps les calles de l'action de l'huile, et en se rouillant les fixe d'une manière invariable.

267. *Du callage des roues.* L'opération de caller les

roues, que l'on est quelquefois obligé de pratiquer dans les ateliers, soit pour régler une roue qui est décentrée, soit pour remplacer une roue brisée, demande aussi les plus grands soins. Beaucoup de mécaniciens, pour s'assurer qu'elles sont exactement et invariablement centrées, tournent les arbres, et lèssent les moyeux des roues. Ce procédé, un peu plus coûteux, est sans contredit le plus prompt, le plus exact et le plus sûr dans le montage et le travail des machines.

268. Lorsqu'au contraire les engrenages doivent être callés sur des arbres carrés ou à six pans, il faut pratiquer dans le moyeu des entailles *bbb* destinées à recevoir et maintenir les calles, et par conséquent dressées et limées. Elles doivent être faites de telle sorte, que la calle qui s'y logera, ait de l'entrée d'un côté, et puisse cependant serrer également les deux rebords *abc* (fig. 7), qui existent dans le carré du moyeu, sur les deux faces de la roue. On place ainsi deux calles sur chaque face de l'arbre; mais on a soin d'en faire entrer une de chaque côté de la roue, l'une en *c*, et l'autre en *d*, afin que celle-ci ne puisse varier sur aucun sens. On voit facilement comment doivent être faites les calles *c* et *d*, pour porter en même temps sur les deux rebords *ab*, dont nous avons parlé. Ces calles seront limées avec tout le soin possible, et porteront également partout.

269. Pour caller parfaitement une roue, on la met d'abord sur huit fausses calles, indiquées en lignes ponctuées *ef* (fig. 7) et en *cc* (fig. 2); ce sont de

petits coins en fer placés sur chaque côté de la roue et au milieu de chacune des faces de l'arbre, pour ne pas gêner ensuite l'ajustement et la pose des calles définitives *bbb*.

270. La roue étant ainsi solidement fixée, par ses fausses calles, sur l'arbre qui repose sur ses deux tourillons, de manière à tourner facilement sans changer de position, on place à l'extrémité *d* du diamètre horizontal de la roue et à la hauteur de son axe, une planche dressée et clouée solidement sur quelques pièces de bois (*fig. 9*) : en prenant avec un compas la distance de la ligne de portée de la roue *a* (*fig. 9*) à une ligne quelconque *bc* tracée en face sur la planchette, faisant tourner la roue, répétant la même opération, d'abord sur les deux faces opposées *d* et *e* de la roue et de l'arbre, puis sur les deux autres *f* et *g*, et desserrant ou serrant au besoin les fausses calles d'une petite quantité à chaque fois, et avec patience, on amène bientôt la roue à tourner rond. Il ne faut pas ici se contenter d'une approximation; les roues ne sont jamais trop bien centrées et dressées, autrement les frottements sont considérables et les dentures s'usent rapidement. Une grande roue sur arbre carré ne doit pas avoir un millimètre (un tiers ou une demi-ligne) de faux rond.

271. Il faut aussi, pour que les roues engrènent et marchent bien, que la ligne de portée ou les cercles primitifs des deux roues coïncident parfaitement, parce que c'est sur ces deux cercles que les roues ont été divisées et que les pas sont égaux. Si l'un des cercles

primitifs entrant dans l'autre , ou s'ils ne se touchaient pas , les engrenages ne marcheraient plus aussi bien.

272. Quand l'engrenage est à peu près centré , on place une règle sur le côté des dents , ou , si elles ne sont pas tournées , sur le côté du cercle de fonte de la roue , en se dressant toujours , comme nous l'avons dit , sur deux faces opposées de l'arbre , puis sur les deux autres. Cette règle porte sur la planchette : on s'en sert , ainsi posée , pour y tracer une ligne *ad* (*fig. 9*) qui donne la direction de la roue , quand le côté *d* , par exemple , est près de la planchette. Prenant alors le côté opposé *c* de cette roue , on y replace la règle ; on trace une ligne semblable , et si elle ne recouvre pas exactement la première et qu'elle tombe , par exemple , en *ef* , il est évident que la roue n'est pas bien dressée , (à part l'erreur inévitablement due aux défauts de coulage de la fonte , qui n'est pas tournée) , et l'erreur dans la position de la roue est alors égale à la moitié de la différence de direction des deux lignes tracées sur la planchette ; c'est-à-dire que la roue sera bien dégauchie quand la règle , placée sur le côté de la dent , coïncidera avec la ligne *gh* , qui se trouve exactement au milieu des deux lignes *ad* et *ef*. On fait la même opération sur les côtés *f* et *g* de l'engrenage , etc. On dresse ainsi la roue au moyen des fausses calles , et sur les quatre faces de l'arbre , jusqu'à ce que les lignes tracées sur la planchette par la règle , ne donnent plus une erreur sensible dans son dégauchissement. Quant l'engrenage est horizontal comme

les grands rouets de moulin, il est plus facile encore de le gauchir avec une règle et un niveau à bulle d'air.

273. On vérifie de nouveau le centrage que l'on a fait en premier lieu. Lorsqu'enfin la roue est parfaitement centrée et dégauchie, on ajuste les véritables calles dans leurs entailles. Le moyen le plus court et le plus sûr est d'y ajuster d'abord des calles de bois, qui servent d'étalon pour forger et limer les calles de fer: celles-ci ne demandent plus alors qu'un dernier coup de lime pour porter également partout. On les met en place, et lorsque toutes s'y trouvent, on les serre à refus, à coups de marteau, en prenant garde, toutefois, de faire éclater le moyeu de la roue, et l'on enlève les fausses calles, après avoir vérifié une dernière fois si la roue est bien centrée et dressée.

274. Les engrenages qui supportent de grands efforts doivent être callés avec de l'acier, et avoir le noyau rempli de mastic de fonte, qui maintient parfaitement les calles.

Le callage des roues est une opération délicate et importante, parce que des roues gauches, quelque bien taillées qu'elles soient, fatiguent les paliers et les grains, occasionent de grands frottemens, des décompositions de force considérable, et usent rapidement les dentures.

274. *De la nécessité de fixer invariablement les paliers.*

Celles-ci sont aussi quelquefois mangées, parce l'un des paliers qui porte l'arbre de la roue, n'est pas solidement fixé, et qu'il recule lentement sous l'effort de la roue. Pour le rendre invariable, quand les bou-

lons de scellement : sont inébranlables , il faut qu'ils n'aient pas de jeu dans les trous du palier, ou s'ils en ont, il y faut mettre une calle de fer , du côté où l'effort des roues tend à repousser l'arbre : sans quoi la roue à dents de fonte pourrait encore , comme l'avons dit, échapper aux dents de bois , monter dessus , et les écraser toutes en un seul tour.

276. *Des cordes.* Nous ne dirons rien des cordes que l'on emploie encore souvent dans les transmissions de mouvemens , parce que partout où il n'y a pas impossibilité , il faut les remplacer par des courroies , et ne s'en servir que pour des treuils, etc. On ne saurait croire combien les machines consomment moins de force, et fatiguent moins avec des courroies qu'avec des cordes. Ces dernières en effet ne peuvent jamais avoir la flexibilité de bonnes courroies : l'on est obligé de les faire marcher dans des gorges de poulies triangulaires et profondes , où elles sont toujours serrées des deux côtés; comme elles ne frottent que par deux arêtes, ou au plus une très-petite surface sur les poulies , il faut les tendre beaucoup plus fortement pour les empêcher de glisser ; enfin elles sont beaucoup plus sensibles que les courroies aux variations de l'humidité atmosphérique, et elles se tendent, et se détendent avec une grande facilité, ce qui augmente encore les frottemens en donnant aux arbres une charge inutile. Dans les ateliers où l'on emploie beaucoup de cordes , on voit , par les temps humides , la vitesse des moteurs se ralentir par la tension que prennent toutes les cor-

des; elles s'usent en outre bien plus vite, et coûtent définitivement beaucoup plus d'entretien.

277. *Des courroies.* Le choix des cuirs destinés à faire des courroies est fort important. Quelques manufacturiers préfèrent les cuirs blancs, parce qu'ils sont moins chers; mais, n'étant pas tannés comme les cuirs noirs, et seulement pénétrés de sels et de graisse, ils sont très-sensibles aux changemens de température de l'humidité atmosphérique; ils varient par conséquent de longueur tous les jours, ce qui exige un changement fréquent, dans les boucles, ou donne une forte charge aux machines, quand ils se raccourcissent; en somme ils finissent par s'allonger considérablement sous la charge: pour peu qu'ils soient larges, ils s'allongent inégalement, et deviennent assez gauches pour ne pouvoir plus tenir sous les poulies. Les courroies de cuir noir, bien tanné, doivent toujours être préférés; il est important de les choisir égales d'épaisseur pour qu'en s'allongeant, elles ne se gauchissent pas. Lorsqu'elles ne doivent pas être démontées souvent, on en coud les deux extrémités avec une lanière de cuir, arrêtée par un nœud: de cette manière, les courroies ne se déchirent pas comme avec des boucles, mais quand le besoin d'en changer souvent la longueur, exige l'emploi de boucles, comme dans les filatures; il faut leur donner deux ou trois ardillons, pour déchirer moins fortement la courroie, et avoir soin de placer la boucle de manière que l'ardillon monte toujours sur le tambour à reculons, c'est-à-dire, la pointe en bas: parce que s'il montait la pointe en haut, il pourrait souvent

accrocher les vêtemens des ouvriers et les entraîner autour des tambours.

278. Il faut éviter, autant qu'on pourra le faire, d'employer les courroies, pour transmettre les mouvemens horizontalement, surtout à une distance assez considérable, à moins qu'elles ne soient très-légères, et n'aient une grande vitesse, parce que l'on peut alors les laisser très-lâches; car si elles ont une forte charge et qu'elles marchent lentement, on est obligé de les tendre beaucoup, ce qui, ajouté à leur poids, fatigue excessivement les arbres. Au reste, il ne faut jamais donner aux courroies que la tension rigoureusement nécessaire pour ne pas glisser sur les tambours : toute pression plus grande, consomme inutilement une partie considérable de la force du moteur, et si la courroie est forte, cela peut aller jusqu'à arrêter le moteur même. On sent aisément que dans les établissemens où l'on emploie un grand nombre de courroies, il y faut donner la plus grande attention.

Si l'on s'aperçoit qu'une courroie s'allonge constamment, ce qui a lieu lorsqu'elle fait un grand effort et qu'elle marche lentement, il faut la doubler; parce que quand elle est trop faible, elle continue à s'allonger aux dépens de son épaisseur et de sa largeur, et à s'affaiblir de plus en plus jusqu'à ce qu'elle casse. Une courroie, double au contraire, ne fatigue pas, ne s'allonge jamais, et ne demande pas à être tendue aussi roide; celles des tire-sacs employés dans les moulins à blé, par exemple, doivent toujours être doublées et quelquefois triplées.

279. *De leur entretien.* L'entretien des courroies, consiste principalement à les graisser de temps en temps, tous les deux ou trois mois, par exemple, quand on s'aperçoit qu'elles commencent à sécher, à devenir rudes à la surface qui frotte sur le tambour, et à glisser. Si on ne les graissait pas, elles s'échaufferaient promptement en glissant sur le bois, se brûleraient et casseraient bientôt. La meilleure composition pour les graisser est celle-ci :

Huile de poisson.	4 parties.
Poix résine.	1
Goudron.	1

fondues ensemble, et passées à chaud sur le cuir.

280. *De la pose des tambours et poulies destinés à porter des courroies.* On voit, dans beaucoup de manufactures, les courroies glisser toujours hors de leurs poulies : et l'on est alors obligé de les maintenir, au moyen de rouleaux ou de morceaux de bois contre lesquels elles frottent et s'usent considérablement; on peut être alors assuré, que les deux arbres des tambours ne sont pas parallèles. Le meilleur moyen de retenir les courroies sur les poulies et le seul que l'on doive employer, c'est de donner tous ses soins à placer parallèlement les tambours de commande et les métiers, et on ne saurait le faire trop bien, car, jamais alors une courroie n'échappe; on n'a pas besoin de lui donner autant de tension, et elle s'use et se déforme moins : si cependant les arbres cessaient d'être parallèles, parce qu'un des grains de cuivre se serait limé, et que l'on

n'eût pas le temps de le raccommoder, ou de mettre une épaisseur dessous, la courroie monterait tout de suite sur le tambour du côté le plus haut, et elle tendrait à s'échapper de la poulie. Il ne faut pas y mettre de guides, mais clouer sur le tambour exactement en face du milieu de la poulie, une petite lanière de cuir de 10 millimètres environ de largeur. Cette lanière forme un léger bourrelet sur lequel la courroie se met immédiatement à cheval, pour ne le jamais quitter.

Un des grands avantages que présentent les courroies est de pouvoir transmettre le mouvement dans tous les sens, sans appareils compliqués, et avec peu de frottement; on s'en sert même pour le communiquer entre deux arbres verticaux. Dans ce cas, il faut mettre sur chaque arbre un tambour conique, et tourner ces deux cônes en sens opposés (*Pl. 8 fig. 11*), parce que la courroie tendant à monter à la fois sur les deux cônes qui sont en sens contraire, ne peut pas se déranger de sa position.

284. *Des chaînes.* On emploie aussi quelquefois des chaînes en fer ou en bois, pour transmettre le mouvement; mais ce procédé, remplacé presque partout par les courroies, ne doit jamais être employé que lorsqu'il est impossible de se servir de courroies ou de cordes: si, par exemple, il fallait prendre un mouvement léger, sur l'arbre toujours mouillé d'une roue à eau, etc. Il est alors très-important de placer les poulies dentées sur lesquelles marche la chaîne parfaitement à l'aplomb l'une de l'autre pour que la chaîne ne tende pas à sortir des dents.

CONDUITE DES MACHINES A VAPEUR.

282. *De la nécessité de réparer immédiatement les accidents.* La première pensée qui doit se présenter à l'esprit des manufacturiers qui emploient des machines à vapeur, et principalement de ceux auxquels le haut prix du combustible, fait une loi de se servir des machines de Woolf, c'est que la négligence dans leur entretien, un court délai dans la réparation d'un accident souvent léger, entraîne immédiatement une diminution dans la force de la machine. Une des clavettes de la tige du piston, peut s'échapper si on a négligé seulement de l'ouvrir, et le piston peut par suite briser le balancier. Des masticages mal entretenus permettent à l'air de pénétrer dans les tuyaux et le cylindre, et alors la quantité de houille brûlée, c'est-à-dire, la plus forte dépense d'une machine, s'élève quelquefois au double. Qu'une chaudière soit devenue trop sale sans que l'on pense à la nettoyer, et les chauffeurs sont obligés de faire le feu le plus violent pour soutenir la vapeur à sa pression ordinaire. La consommation de la houille augmente dans un rapport bien plus grand que l'excès de force obtenu; la machine fatiguée s'use rapidement, et presque toujours on voit dans ce moment de travail excessif les bouilleurs se rompre, par suite de la haute température à laquelle ils sont portés. En un mot on est entraîné inévitablement dans de longs et coûteux chômages, pour avoir voulu éviter une faible réparation de quelques heures, et l'on expose la machine aux accidents

les plus graves et même à des altérations profondes et irréparables.

283. *De la surcharge des machines.* Un autre danger auquel les machines à vapeur sont exposées, est une surcharge de travail : quel que soit leur système et leur construction elles ne peuvent résister long-temps à un travail excessif. Les masticages se détruisent sous l'action puissante de la vapeur à haute pression ; les ressorts des pistons se fatiguent ; tous les grains de cuivre se liment lentement, les ajustemens se détruisent ; enfin on subit les inconvéniens d'une charge forcée, c'est-à-dire, de fréquens accidens et de continuelles réparations.

Le haut-prix des machines à vapeur engage constamment le propriétaire d'un établissement qui se forme, à en employer une, qui réponde à peu près à ses besoins actuels : et dès que l'établissement prospère, le besoin de l'accroître fait surcharger la machine, si elle est assez bonne pour le supporter, et l'use rapidement. Nous ne saurions engager trop fortement les manufacturiers à se réserver un large excédant de force, dans l'achat des machines, et à maintenir toujours leur charge, plutôt au-dessous qu'au-dessus de celle dont elles sont capables. Ils y trouveront certainement un grand avantage, soit par la diminution des frais d'entretien, soit surtout par l'absence des dommages inévitables avec une machine surchargée. Nous reviendrons sur cette question.

284. Une bonne machine à vapeur doit donner un travail constant et même fort, mais elle exige en retour des

soins assidus et d'autant plus grands qu'on lui demande plus de travail. Sous une faible charge, quel que soit son système, sa marche est toujours régulière et facile. C'est lorsqu'elle est chargée, comme l'exigent les besoins d'une entreprise active, et menée économiquement, c'est surtout, comme nous venons de le dire, quand la prospérité de cette entreprise lui impose une surcharge de travail, imprévue à son établissement et inévitable, que les soins et l'exacte surveillance doivent redoubler, et qu'il la faut, pour ainsi dire, nourrir et entretenir, en proportion des services qu'elle rend, et des chances bien plus nombreuses de maladies auxquelles elle est exposée.

285. *Des défauts que doivent éviter les propriétaires des machines à vapeur.* Plus d'un établissement a échoué, un plus grand nombre encore a renoncé à l'emploi des machines à vapeur, parce que leurs directeurs n'ont pas su conduire ces machines, et obtenir, avec économie, tout le travail dont elles sont capables. Les uns abandonnent entièrement leur moteur aux soins des chauffeurs, sans se rendre compte de ses frais journaliers de consommation ou d'entretien, et de son travail réel; d'autres le surchargent hors de toute mesure, et attentifs seulement au temps et à la quantité du travail, ne s'inquiètent ni de la grande consommation de combustible, ni des frais énormes d'entretien en graisse, mastic, main-d'œuvre, raccommodages, ni de la détérioration de la machine même, et vont ainsi en avant, jusqu'au moment où il faut enfin suspendre pour long-temps ses

travaux et où ils ajoutent, à des dépenses superflues et mal appliquées d'entretien, de nouvelles dépenses de réparation, qui eussent été aussi faciles à éviter que les premières. D'autres encore, frappés de la somme des frais journaliers d'entretien, nécessaires à l'activité d'une machine, et ne calculant pas les effets de leur suppression et la perte qui en résultera dans sa puissance, se refusent à toute dépense autre que celle du combustible, et se contentent de profiter du travail de la machine, tel qu'elle le peut fournir, sans aucune de ces précautions d'hygiène, qui entretiennent la santé et la vigueur, et qui attaquent, au moyen des remèdes simples, une maladie naissante, pour n'avoir pas à la combattre dans son développement, par un traitement long, difficile et coûteux. On en voit enfin qui portent jusqu'à la minutie l'excès des soins à donner à leur machine, y emploient tout le temps qu'elle devrait occuper au travail, l'arrêtent à chaque instant pour la cause la plus insignifiante, et trompés sur le but qu'ils se doivent proposer, laissent de côté la quantité définitive de travail du moteur, qui doit être le résultat final de tous les calculs, pour ne penser qu'à la perfection de sa marche, quelque coûteuse qu'elle puisse être en dépenses diverses et en chômages; car, tout importantes que sont les réparations immédiates d'une machine, il en est qui, par la perte de temps dont elles sont la cause, coûtent beaucoup plus qu'elles ne valent réellement.

286. *Du but qu'ils doivent se proposer.* La grande difficulté dans cette question est de bien déterminer

quels sont les défauts qui n'offrent aucun danger présent, ou qui ne s'aggravent pas rapidement, et quels sont ceux dont la correction n'admet aucun retard. C'est de savoir apprécier d'avance le temps nécessaire pour une réparation, de la combiner avec quelques autres, de profiter des arrêts obligés, pour remettre complètement la machine en état, et prévoir même les altérations futures. C'est d'employer tous les moyens possibles pour abréger les chômages forcés, car dans les manufactures rien n'est plus cher qu'un chômage; aucun ennemi n'est plus dangereux que le temps perdu : et autant une machine qui marche sans chômage et avec une grande régularité présente d'avantages, souvent même sur les cours d'eau, autant une machine qui ne peut marcher qu'à demi-charge, ou qui est fréquemment arrêtée, entraîne le propriétaire dans des dépenses, et de fâcheux retards que des soins légers, mais constans, auraient détournés. Enfin la surveillance et l'entretien éclairé des machines sont tellement importans, que le manufacturier actif doit s'assurer chaque jour par lui-même si sa machine est en bon état, et le service fait régulièrement et avec attention; et indiquer les objets qui pourraient avoir besoin d'une réparation immédiate et ceux dont on doit s'occuper au prochain nettoyage. Nous allons marquer les principaux points sur lesquels doit se porter spécialement cet examen, qui ne demande que quelques instans au manufacturier, appelé nécessairement ailleurs par les travaux d'une administration bien conduite.

287. *De la propreté à exiger des chauffeurs. La*

première condition à exiger du chauffeur est une grande propreté, soit dans la chambre de la machine, soit sur la machine même. Non-seulement on n'y doit voir aucune tache de rouille, mais toutes les traces de graisse doivent être essuyées avec soin chaque jour, pour qu'en séchant elles ne forment pas dans tous les ajustemens, et surtout dans les grains, un cambouis épais, qui bouche leurs lumières, et les expose inévitablement à tourner à sec et à être rongés souvent en quelques heures. C'est en effet à cette cause qu'est presque toujours due la destruction des grains. De plus, lorsqu'une machine est tenue avec une propreté minutieuse, on aperçoit bien plus facilement au premier coup-d'œil les avaries qui pourraient y survenir, comme l'usure des grains, le desserrement des clavettes, le mauvais état des masticages et des étoupes, les marques que les grains de sable peuvent laisser sur les tiges des pistons, etc. Enfin l'habitude de la propreté rend les chauffeurs attentifs, et en soignant une machine dont la chambre est peinte et bien nettoyée, dont toutes les pièces sont polies et brillantes, ils ne peuvent manquer d'apercevoir et de rétablir immédiatement ce qui vient à se déranger; et de plus ils s'y attachent : elle devient pour ainsi dire leur propriété, une partie d'eux-mêmes, et ils finissent par la soigner, la choyer même autant par affection et par amour-propre que par devoir.

288. *Nétoyage de chaque semaine.* Outre cet entretien journalier, la machine doit subir une fois par semaine un nétoyage général, et c'est le mo-

ment que le manufacturier doit choisir pour passer en revue toutes les pièces, faire regarnir les boîtes à étoupes, recharger les grains un peu usés, roder le robinet d'introduction, les soupapes de sûreté de la chaudière, celles de la pompe alimentaire et celles de la pompe du puits, en renouveler au besoin les cuirs, nettoyer à fond le fourneau, et enfin remédier à tous les défauts qu'il a remarqués pendant le travail de la semaine.

Ce nettoyage doit être fait le dimanche matin. Il est beaucoup plus facile pendant que la machine est encore très-chaude, et entraînerait en outre une grande perte de temps, si on l'ajournait au lundi.

289. *De la clôture des fenêtres et des portes.* Les portes et fenêtres de la machine doivent toujours être fermées avec soin, attendu que les portes de chaleur qui ont lieu par toutes ces ouvertures sont considérables; il est même utile de mettre de doubles fenêtres ou au moins des carreaux doubles à la chambre de la machine, pour éviter la déperdition de chaleur occasionnée par les vitres. On se fera une idée de l'importance de cet objet en calculant que, dans la chambre d'une machine où la température est constamment en hiver de 28 à 30 degrés centigrades, ce qui fait une différence de 33 degrés en ne supposant la température extérieure qu'à trois degrés au-dessous de zéro, si la surface des vitres est de 6 mètres carrés, ce qui n'est pas encore suffisant pour avoir une chambre bien éclairée, on perd au moins par les vitres, en vingt-quatre heures, autant de chaleur qu'il en faudrait pour échauffer de 33 degrés environ 1400 kilogrammes

d'eau, ou toute la quantité de chaleur que fournissent 72 k. de vapeur ou 15 k. de houille environ. Cette perte très-importante, parce qu'elle est constante et inutile, peut être évitée presque entièrement par de doubles carreaux.

290. *Précautions à prendre pour ne pas fatiguer les pièces de la machine.* Le chauffeur ne doit se servir que d'un maillet de bois pour enfoncer les clavettes; car un marteau d'acier les écrase et les détruit en peu de temps; et il doit prendre aussi les plus grandes précautions pour conserver le poli et le bon état de toutes les pièces. Il doit se fabriquer des clefs à fourche pour chaque espèce d'écrou, parce que les clefs anglaises, qui sont très-utiles à un ouvrier monteur quand il serre des boulons une seule fois, écrasent et détruisent les angles des écrous, lorsque l'on s'en sert fréquemment. Il est enfin nécessaire qu'il ne s'écarte jamais de sa machine que pour alimenter le fourneau, s'il est placé au dehors, et qu'il reste toujours en surveillance, prêt à resserrer une clavette, à ralentir ou accélérer la machine ou le feu, s'ils en avaient besoin; en un mot, à parer aux accidens imprévus qui peuvent se présenter, et à en prévenir les suites en les arrêtant à temps.

291. *De la visite du propriétaire.* Après ces soins généraux, nous devons indiquer au manufacturier sur quels objets son attention doit se porter le plus particulièrement, et quels sont les principaux symptômes auxquels il reconnaît, dans une visite rapide, le bon état ou le dérangement de la machine.

Les pièces qu'il doit examiner sont principalement :

292. *Examen du condenseur.* 1°. Le condenseur.

Il ne doit pas donner d'air à chaque coup de piston, ou tout au plus quelques légères bulles, provenant de l'air dissout dans l'eau du puits. Ce bouillonnement de l'air est facile à apercevoir.

Nous indiquerons plus loin le moyen de corriger ce défaut, qui provient, ou des masticages du grand plateau, ou des boîtes à étoupes, ou de la boîte à vapeur du grand piston, ou du tuyau de condenseur.

La température de l'eau ne doit pas être au-dessus de 58 ou 40 degrés centigrades ; il faut que l'on puisse y plonger la main sans se brûler. Il faudrait chercher la cause d'une trop grande chaleur, ou dans le robinet du condenseur trop fermé, ou dans le puits et la pompe qui ne fourniraient pas assez d'eau, ou dans la vapeur qui passerait directement au condenseur à travers les pistons, ou dans une fente arrivée aux cylindres, ou dans une communication établie à travers les masticages entre les conduits de vapeur des boîtes.

293. *De la bielle.* 2°. La bielle.

On s'assure, en appuyant la main sur la bielle pendant deux ou trois révolutions, et surtout aux passages supérieurs et inférieurs que l'on n'y sent aucune secousse. S'il en existait au passage supérieur, elle proviendrait, ou d'une clavette du parallélogramme qui serait desserrée, et principalement celles des bras du grand et du petit piston : ou de celles de la tête de la bielle qui seraient dans le même cas, ou enfin de ce

qu'une des boules du balancier aurait pris du jeu. Quand les pistons ont du jeu sur leur tige, on entend aussi un choc au moment du passage supérieur; mais il est facile de juger qu'il a lieu dans les cylindres mêmes. Si la secousse a lieu au passage inférieur seulement, on peut être à peu près sûr qu'elle est due à ce que la clavette de la manivelle est desserrée, ou le grain usé. Ces secousses se manifestent aussi quand les soupapes de la machine ne sont pas bien réglées, et alors elles ont une force quelquefois effrayante.

294. *Des boîtes à vapeur.* 3° Les boîtes à vapeur.

Un peu d'expérience suffit pour examiner si leur marche est bien réglée et facile; si leur course est toujours la même, et si la grande manivelle des soupapes qui les soutient n'est pas descendue, comme cela a lieu souvent : car alors elle ferait à chaque course un effort sur le tiroir : leurs boîtes à étoupes doivent être toujours couvertes de suif fondu, pour s'opposer à l'entrée de l'air.

295. *Du manomètre.* 4° Le manomètre.

On le regarde pour voir si la vapeur n'est pas à une pression trop élevée, et si la machine enlève sa charge ordinaire, à sa pression habituelle. C'est une des indications les plus utiles pour reconnaître si elle est en bon état.

296. *De l'alimentation.* 5° Le flotteur et la pompe alimentaire.

On s'assure à la main qu'il fonctionne bien, que la chaudière ne se vide pas trop : on reconnaît que les soupapes de la pompe alimentaire marchent bien, en tâtant avec la main si, au moment de l'alimentation,

le tuyau d'injection, qui est très-chaud quand la pompe ne marche pas, se refroidit, et prend la température de l'eau alimentaire. On doit aussi entendre le choc net et bien tranché des soupapes, à chaque coup de piston.

297. *Des soupapes de sûreté.* 6° Les soupapes de sûreté.

Sous aucun prétexte, elles ne doivent être chargées d'un poids nouveau : c'est un des objets de la plus sévère surveillance pour le manufacturier; de là dépend le salut de ses ouvriers et de sa machine. Si elles laissent échapper de la vapeur, on doit les roder à l'émeri, au premier moment d'arrêt, parce que ce dérangement tient à un peu de rouille ou de saleté : et dans l'instant même, on les rode légèrement à sec, avec une clef, en pressant leur levier avec la main, pour en écraser et dégager la poussière qui cause cette fuite.

Nous avons dit, en parlant des soupapes de sûreté, que l'on devait bien se garder de les soulever sous prétexte de prévenir leur adhérence, parce que c'était un moyen sûr de les salir et d'occasionner des pertes de vapeur. On trouvera plus loin, dans les observations sur les ordonnances relatives aux machines à vapeur, le développement complet des précautions qu'exige la conduite d'une machine à vapeur, en ce qui concerne les explosions auxquelles elles sont exposées.

Enfin, après avoir examiné ces divers objets presque d'un seul coup-d'œil, après s'être assuré que les grains de cuivre ne sont pas rougés, soit dans le parallélogramme, soit dans la bielle; que la machine est prête et fonctionne bien, le manufacturier doit écouter s'il n'entend aucun choc ou mouvement inaccoutumé, au-

cun sifflement extraordinaire de vapeur, afin d'en rechercher au besoin la cause. C'est un signe utile à suivre, parce qu'il s'opère rarement un dérangement grave dans une machine, sans qu'il ait été annoncé d'avance par des secousses, ou des bruits que l'on ne doit jamais négliger.

298. *Des qualités nécessaires au chauffeur.* Quant aux chauffeurs, la conduite d'une machine ne demande de leur part qu'attention et régularité. Ce n'est pas un ouvrage difficile, ni même fatigant, lorsqu'elle est entretenue régulièrement, et que tous les accidens sont immédiatement réparés; mais il demande, ce qui manque souvent aux ouvriers, de l'ordre, de la suite dans le travail, et cette habitude, ce besoin de penser, de vouloir et d'agir par eux-mêmes, qualités qu'ils ne peuvent acquérir qu'en s'instruisant, et qui seules, cependant, peuvent faire les ouvriers capables, les bons contre-maitres et les bons chauffeurs, et leur permettre même de développer leurs talens, et se créer un rang distingué dans la société. Le chauffeur intelligent doit examiner sans cesse sa machine, en rechercher à chaque instant les défauts, et les corriger sans qu'il soit nécessaire de les lui indiquer; la soigner enfin comme si elle lui appartenait. Ce n'est que par cette activité et cette surveillance constante, bien plus efficace encore, quand elle a lieu, que la surveillance trop rapide du propriétaire, qu'il pourra mériter la confiance de celui-ci.

Voici quels sont les soins généraux que réclame une machine de la part du chauffeur.

299. *Du chauffage de la chaudière.* Quand il s'

lume le feu sous la chaudière, après un ou plusieurs jours de repos, il le fera lentement et deux ou trois heures avant le moment où il doit marcher, afin de pouvoir le ménager, et éviter ainsi de rompre les bouilleurs, surtout quand l'eau commence à bouillir. Il ne doit ouvrir le tiroir de la cheminée que de la quantité reconnue nécessaire pour conduire la machine : car s'il l'ouvrait tout-à-fait sans nécessité il s'exposerait à pousser le feu trop vivement, et au moins il ferait passer trop d'air dans le fourneau, le refroidirait, et consommerait ainsi plus de houille qu'il n'est nécessaire.

500. *Du graissage de la machine.* Pendant que la chaudière s'échauffe, il doit graisser toutes les pièces de la machine, en faisant tomber quelques gouttes d'huile dans tous les grains, ou en les frottant avec de la graisse suivant le besoin.

Pour bien huiler les grains, il ne faut pas oublier de desserrer préalablement les clavettes, et de déboucher les lumières que le cambouis pourrait fermer.

Les meilleures huiles que l'on puisse employer sont les huiles de pied de bœuf et d'olive, parce qu'elles sèchent moins que les autres. Pour les boîtes à étoupes on emploie du suif, ou de la graisse animale pure : et pour la manivelle, on mêle souvent cette graisse avec de la mine de plomb ou du talc pulvérisés et passés au tamis de soie.

501. *De la graisse des os.* La graisse extraite des os est d'une excellente qualité et très-économique, c'est-à-dire qu'elle ne brûle pas vite ; mais elle a souvent, quand elle n'a pas été bien préparée, l'inconvé-

nient de donner une odeur désagréable, et un dépôt qui salit les pistons. En traitant les os par la vapeur directement et sans eau, on en retire avec la plus grande facilité, termemoyen, 8 à 9 p. % de graisse très-propre. Cette opération se fait en renfermant les os broyés dans un vase de fonte ou de cuivre, qui porte d'un côté un tuyau destiné à y introduire la vapeur par le bas du vase, et de l'autre côté un robinet, par lequel s'écoule la graisse fondue. On obtient une plus grande quantité de graisse, 10 % environ, en plaçant les os dans l'eau, et y faisant passer pendant quelques heures un courant de vapeur qui y entretient l'ébullition. Les os doivent en tout cas être préalablement lavés à grande eau.

502. *De l'expulsion de l'air des cylindres.* Quand la vapeur commence à se former, on ne doit pas oublier d'ouvrir les robinets de graissage placés sur les plateaux, pour laisser échapper l'air contenu dans les cylindres; et, la manivelle étant horizontale, de tenir quelques minutes ouvert le robinet d'introduction de la vapeur, pour donner issue à l'air contenu dans la chemise et dans la chaudière; car l'air des cylindres, s'il y était renfermé, prendrait en s'échauffant une tension considérable qui, en s'ajoutant à celle de la vapeur, pourrait occasioner des accidens, et détruire au moins les masticages.

503. *De la mise en activité de la machine.* On ferme tous les robinets quand l'air est entièrement sorti, et que la vapeur est déjà haute; et lorsqu'elle s'est enfin élevée à la tension que l'on sait être nécessaire pour enlever la charge de la machine, toutes les pièces

ayant été préalablement graissées avec soin, on ouvre le robinet d'introduction et celui du condenseur, et en même temps on pousse la machine à l'aide du volant, car ordinairement, lorsqu'elle est froide, elle a quelque difficulté à se mettre en mouvement, parce que le vide n'est pas encore fait dans le condenseur: de manière que la machine n'a toute sa puissance et une marche assurée qu'après trois ou quatre révolutions.

Au reste, les machines deviennent quelquefois difficiles à mettre en marche, parce que la boîte à étoupes du condenseur, n'étant plus assez garnie, y laisse rentrer l'air, et que le vide ne s'y peut pas produire aussi long-temps que cette boîte n'est pas couverte d'eau. Il faut alors jeter un ou deux sceaux d'eau dans le condenseur, et la pompe travaillera immédiatement.

Dans les fortes machines, on a soin de conserver, à la circonférence du volant, des trous où l'on peut engager des leviers de fer, pour le pousser au besoin. On n'oubliera pas, pour rendre plus facile le départ de la machine, de placer d'avance la manivelle un peu au-delà de son passage supérieur ou inférieur, afin que la vapeur entre librement dessus ou dessous les pistons, et les presse, et qu'en outre le balancier puisse pousser la manivelle avec plus d'avantage que si elle était tout-à-fait verticale.

304. *Du graissage des pistons.* Quand la machine marche, on serre avec un maillet toutes les clavettes, et avec une clef les boîtes à étoupes, et on graisse les pistons. A cet effet, on fond du suif dans une burette

de fer blanc , qui reste toujours sur le cylindre de la machine ; on en remplit l'entonnoir des robinets placés sur les plateaux du grand et du petit cylindre , et saisissant le moment où les pistons remontent , on ouvre rapidement et un seul instant le robinet , en ayant soin de le refermer avant que le piston ne recommence à descendre. Le vide qui s'opère dans le cylindre , aspire immédiatement le suif fondu , qui graisse les pistons.

Si l'on ouvrait l'un des robinets pendant que les pistons descendent , c'est-à-dire lorsque la vapeur arrive dessus , elle chasserait violemment en l'air le suif fondu , et l'on pourrait être fortement brûlé.

Lorsque la machine est en activité , le chauffeur ne la doit quitter que le temps nécessaire à l'entretien du feu , parce que s'il s'en éloignait inutilement , une clavette , ou une vis , qui se desserrerait et tomberait sans être aperçue , ne serait souvent pas sans danger , et qu'en tout cas il doit être prêt à arrêter la machine s'il arrivait , soit dans les ateliers , soit dans la machine même , un accident imprévu. Cependant dans les grandes chaleurs de l'été il est difficile d'y rester constamment ; mais il doit au moins la visiter souvent et s'en tenir à portée.

Nous conseillons aussi aux manufacturiers de ne pas laisser les autres ouvriers prendre leurs repas ou se chauffer dans la machine. Une imprudence de leur part serait dangereuse pour eux ou pour la machine , et , à part ce danger , c'est une source constante de malpropreté qu'il faut éviter.

Une autre précaution utile sera d'avoir dans les ateliers une sonnette ou une petite cloche, dont le cordon répondra dans la chambre de la machine à vapeur, afin que le chauffeur puisse avertir quelques instans d'avance du moment où il va mettre en marche ou arrêter la machine. C'est un bon moyen d'éviter des accidens : et il ne serait pas sans utilité de placer aussi dans la chambre de la machine une sonnette dont le cordon serait dans l'atelier, pour faire arrêter rapidement la machine en cas d'accidens arrivés, soit aux ouvriers, soit aux outils employés. Il sera peut-être bon de répéter ici que, dans un cas urgent, on peut arrêter presque instantanément une machine, en fermant le robinet régulateur, et ouvrant les deux robinets de graissage des plateaux. L'air qui y pénètre arrête immédiatement les pistons par le poids qu'il leur oppose.

Lorsqu'une clavette se desserre souvent, le chauffeur doit bien se garder de l'enfoncer à grands coups de maillet; elle s'userait et se rongerait de suite. Le seul moyen sûr et prompt de la maintenir est d'en ouvrir les branches un peu plus à fond.

305. *De la surveillance du chauffeur.* L'attention du chauffeur doit se porter à la fois sur deux objets principaux, tous deux indispensables à la conduite régulière de la machine; c'est le flotteur qui le guidera pour faire marcher ou arrêter la pompe alimentaire à propos et avec régularité, comme nous l'avons dit, parce qu'en alimentant trop fortement à la fois, il refroidit la chaudière et diminue la force de la vapeur; et le manomètre, qui le dirigera dans la conduite du feu,

sur laquelle nous allons donner quelques détails plus étendus.

306. *De la conduite du feu.* Le principal talent d'un bon chauffeur est d'entretenir un feu vif et égal, parce qu'alors il fait produire au combustible le plus grand effet possible, et en même temps il soutient régulièrement la marche de la machine.

Pour cela, il ne faut jamais couvrir la grille d'une couche de houille qui ait plus de 0^m 12, ou 4^e d'épaisseur, répandue bien également sur toute la surface de la grille, sans y laisser de jours par lesquels l'air puisse passer sans être brûlé. Si la couche de la houille était trop faible, l'air qui la traverse ne serait pas suffisamment brûlé : si elle était au contraire trop épaisse, l'air ne pourrait plus pénétrer au centre de la masse brûlante, et les parties qui y seraient placées, étant seulement distillées, donneraient une fumée noire et une grande perte de houille, puisque cette fumée en est la partie la plus combustible. Il en serait de même si l'on employait des morceaux beaucoup plus gros que le poing ; ils ne brûleraient qu'à la surface, et l'intérieur se distillerait aussi, avec un grand développement de fumée ; il faut, d'un autre côté, veiller attentivement à ce que le chauffeur ne charge pas son feu d'une trop grande quantité de houille à la fois. Le résultat serait encore le même ; le feu se trouverait tout à coup tellement refroidi, que la combustion deviendrait lente, incomplète, et que le fourneau donnerait beaucoup de fumée : et lorsqu'enfin cette masse s'embraserait à la fois, le feu devenu trop violent pourrait briser les bouilleurs de fonte,

ou ferait au moins monter la vapeur à une tension très-haute, et imprimerait trop de vitesse à la machine.

Les chauffeurs sont en effet disposés à remplir le fourneau d'une grande quantité de houille, et à l'employer en gros morceaux, pour éviter la peine de les briser, et rester plus long-temps tranquilles : et cependant le seul moyen d'avoir un feu vif et régulier, est de le charger souvent, mais seulement d'une petite quantité de houille, que l'on répand bien également sur la couche embrasée; elle s'allume alors avec facilité sans ralentir la combustion ni refroidir la chaudière. Il y aurait aussi de l'inconvenient à multiplier trop les charges, parce que, la porte du foyer restant presque constamment ouverte, l'air qui s'y introduirait changerait le tirage du fourneau, le refroidirait, le ferait fumer, et pourrait même briser souvent les bouilleurs de fonte, surtout lorsque la chaudière travaille à haute pression. Il est même prudent, en pareil cas, de fermer un moment le registre de la cheminée, chaque fois que l'on ouvre la porte du fourneau, pour arrêter le courant d'air et éviter tout danger.

Mais en chargeant tous les quarts d'heure un fourneau en pleine activité, et ayant soin de le faire le plus rapidement possible, et de ne laisser la porte ouverte qu'un seul instant, nous sommes convaincus, par expérience, que l'on trouvera une économie marquée et un beaucoup meilleur emploi du combustible, qu'en adoptant la méthode, souvent conseillée, de charger beaucoup de houille à la fois, et de ne la remuer que rarement.

Il faut aussi retourner de temps en temps la houille embrasée, avec un ringard, et retirer les scories qui, se fondant, engorgent la grille, empêchent l'air de la traverser et la font en outre rougir et brûler. Quand le feu est bien soigné, on doit, en regardant sous la grille, n'apercevoir aucun endroit bouché, et noirci par les crasses; les barreaux alors, rafraîchis constamment par un courant d'air rapide, ne peuvent pas rougir, ni brûler comme on le voit quelquefois, en très-peu de temps. Ils se conservent, au contraire, intacts pendant des années entières. Un autre genre de soins contribue aussi très-efficacement à leur conservation, c'est de ne jamais laisser les cendres s'accumuler dans le cendrier; il faut les retirer à mesure, les tamiser à la claie, et rejeter dans le fourneau tout le coke qu'elles contiennent encore, et qui ordinairement est assez abondant, à moins que la houille employée ne soit très-grasse.

307. *Nétoyage du cendrier.* Si l'on néglige cette précaution, cet amas de cendres, dans lequel il reste du coke qui brûle lentement, gêne le tirage du fourneau; il chauffe en outre l'air, comme nous l'avons déjà dit; ce qui nuit à la combustion, rougit et détruit promptement les barreaux de la grille. On a vu précédemment que plus un fourneau a de tirage, moins promptement se brûlent les barreaux. En retirant fréquemment les cendres, on n'est pas obligé, comme l'a conseillé la société de Mulhousen, de faire couler dans le cendrier un courant d'eau, qui ne nous paraît pas avoir d'autre but que d'éteindre la houille tombée de

la grille , et d'empêcher le cendrier de s'échauffer ; parce que nous ne croyons pas que l'eau , toujours chaude à sa surface , puisse refroidir sensiblement un courant d'air très-épais , et qui a une vitesse considérable.

Au reste , la qualité de la houille doit influer sur la conduite du feu ; car si cette houille est maigre et qu'elle ne se colle pas , on peut , sans inconvénient , en charger sur la grille une quantité un peu plus grande que si elle était très-grasse , et l'on n'a pas besoin de la retourner aussi souvent au ringard ; tandis que la houille grasse , se gonflant et formant une croûte qui s'embrace tout à coup , demande à être chargée par petites quantités , afin d'éviter les coups de feu irréguliers et subits ; et c'est surtout alors qu'il y a de l'économie à passer les cendres à la claie.

308. *Des moyens d'éviter la fumée dans les fourneaux.*

En un mot , le feu doit être très-régulier , parce que la régularité de la marche d'une machine , outre qu'elle est indispensable au travail qu'elle exécute , est le meilleur moyen de ne la pas fatiguer , et de n'avoir pas besoin de coups de feu trop violens , après avoir laissé la vapeur tomber trop bas. Il doit être très-vif , parce que plus la combustion est active et rapide , plus on obtient de vapeur avec la même quantité de combustible ; or , pour entretenir un feu vif et régulier , il faut charger le fourneau très-souvent avec de la houille en petits morceaux , tenir la grille très-propre et le cendrier toujours vide. Avec ces soins , un fourneau bien construit et dont on ne laissera pas les carnaux et la cheminée

se remplir de cendres et de suie, ne donnera jamais une trace de fumée, excepté dans les momens où on ouvrira la porte pour alimenter, et quelquefois quand l'air est lourd et chargé de pluie, parce qu'alors les fourneaux sont beaucoup plus disposés à fumer, à cause de la diminution d'activité de la combustion. De plus, en ne chargeant la houille fraîche que sur le devant du fourneau, pour qu'elle ait le temps de s'échauffer et de s'allumer, et en repoussant préalablement sur le reste de la grille, toute la houille déjà embrasée; en prenant enfin rigoureusement toutes les précautions que nous venons d'indiquer, nous pouvons garantir qu'on évite jusqu'à la moindre trace de fumée, sans aucun appareil fumivore; car, par cette méthode, la fumée de la houille fraîche se brûle en traversant toute la grille enflammée. Un des exemples les plus frappans de cette vérité est le fourneau du chauffage à vapeur de la Bourse à Paris, construit sur les principes que nous avons exposés plus haut, et dont on n'a jamais vu fumer la cheminée, bien qu'on n'y brûle que de la houille.

C'est avec le registre seul de la cheminée, qu'un bon chauffeur doit diriger et régler son feu, et jamais, comme nous l'avons dit, en ouvrant la porte du fourneau. Il peut aussi, pour diminuer le tirage, fermer la porte du cendrier, et il doit toujours le faire quand il arrête le feu pour quelque temps, sans oublier cependant de fermer le registre; car nous ne pensons pas qu'en aucun cas, la fermeture du cendrier puisse suppléer entièrement à celle de la cheminée. Il s'éta-

blirait toujours des courans d'air dans les carneaux, surtout lorsqu'ils sont larges. Il est également dangereux de retirer à la fois tout le feu du fourneau, à moins d'accident urgent, avec des bouilleurs ou une chaudière de fonte, et dans ce cas, il faut fermer immédiatement la porte, le cendrier et le registre.

309. *Des moyens d'arrêter l'excès de tension de la vapeur.* Lorsque, pendant le travail, la vapeur s'élève à une tension trop haute, il faut immédiatement fermer le registre et alimenter fortement la chaudière. L'eau froide que l'on y envoie arrête en un instant cette augmentation de pression; c'est ordinairement quand on arrête la machine pour quelque accident que la vapeur s'élève ainsi. On doit alors, en même-temps que l'on ferme le registre, diminuer la charge des soupapes de sûreté, en rapprochant les poids qui les maintiennent; ce moyen suffit pour arrêter tout excès de tension : au reste, un bon chauffeur n'a pas besoin de ces procédés pour conduire son feu avec toute la régularité nécessaire.

310. *Des précautions à prendre en arrêtant la machine.* Lorsque l'on veut arrêter la machine, on ferme le registre pour interrompre le courant d'air; on laisse encrasser le grille, et le feu tomber quelque temps d'avance; on consomme enfin toute la vapeur formée; ou si la machine s'arrête avant que cette vapeur soit entièrement consommée, on en dégage l'excédant au moyen d'un robinet de sûreté: on n'oubliera pas surtout que, lorsqu'un fourneau est très-chaud, il produit encore une assez grande quantité de vapeur,

long-temps après que le feu est cessé et la machine arrêtée. C'est par conséquent une pratique très-dangereuse que de couvrir le feu de cendres, ou de houille mouillée, pour le retrouver quelques heures après, même en fermant le registre : et rarement ferme-t-il assez bien pour s'opposer complètement à une combustion lente et à une nouvelle formation de vapeur. Nous pourrions citer des manufacturiers qui permettaient cette pratique à leurs chauffeurs, et qui ont été réveillés au milieu de la nuit par les sifflemens de la vapeur au travers des soupapes de sûreté et des rivures de leur chaudière : le registre avait été oublié ou mal fermé, et le feu s'était rallumé complètement. On sent quels accidens pourrait entraîner un pareil oubli de la part des chauffeurs, si l'on s'y exposait.

344. *Régularité de la pression de la vapeur.* En entretenant un feu régulier et alimentant assez fréquemment la chaudière, il est facile de soutenir la vapeur au même degré, et ce degré doit être tel, que l'on ne soit pas obligé d'ouvrir entièrement le robinet régulateur, pour donner à la machine la vitesse exigée : en tenant ainsi le robinet à peu près au quart fermé, on peut au besoin lui donner plus d'ouverture, pour maintenir la vitesse de la machine, si la vapeur vient à baisser un moment, et l'on a ainsi le temps de pousser le feu plus vivement, pour la ramener à sa tension ordinaire.

Par la même raison, on ne doit pas ouvrir inutilement en entier le registre de la cheminée, mais se réserver cette ressource pour activer le feu quand cela devient nécessaire.

312. *De la vitesse à donner aux machines à vapeur.* Il est encore un objet auquel le chauffeur doit donner beaucoup d'attention, et qui servira utilement à le guider dans la conduite régulière de la machine. C'est la vitesse moyenne à lui donner : et sa parfaite régularité intéresse évidemment le manufacturier; car, dans les ateliers où les métiers exigent une vitesse déterminée et que l'on a calculée d'après celle que doit conserver le moteur, si cette dernière varie, celle des outils variera et la qualité du travail en souffrira : c'est ce qui a lieu dans les filatures, et, d'un autre côté, dans les ateliers où le mouvement des outils peut varier sans inconvénient pour la qualité de l'ouvrage, dans des limites un peu plus étendues, ce qui est rare; il n'en résulte pas moins que, si la machine se ralentit, la quantité de travail fait diminuer, ce qui est une très-grande perte; et si elle s'accélère trop fortement, elle court de grandes chances d'accidens, et expose aussi les outils qu'elle conduit.

Le manufacturier doit donc connaître exactement ce qu'on peut nommer *la vitesse de régime*, à laquelle sa machine doit constamment marcher; c'est celle pour laquelle elle a été réglée, et tous les mouvemens combinés, celle en un mot que l'expérience a prouvée la plus avantageuse au développement de la puissance mécanique de la vapeur.

313. *Vitesse des pistons des machines à vapeur.* La vitesse la plus avantageuse à donner à la vapeur, c'est-à-dire aux pistons qui reçoivent ses actions, est, selon

les meilleurs mécaniciens , d'environ 1 mètre par seconde.

Par conséquent, plus la course des pistons est petite plus le nombre des coups qu'ils doivent donner est grand.

Il est facile de calculer , d'après ce résultat d'expérience, la vitesse de régime à donner à toutes les machines à vapeur , puisque l'on connaît la longueur de leur manivelle. On fera seulement attention qu'il vaut mieux se maintenir au-dessous qu'au-dessus de cette vitesse, surtout dans les grandes machines, et, à plus forte raison, dans celles qui sont très-chargées.

314. *Vitesse de régime de quelques machines.* Le nombre de coups de piston que doivent donner les machines à basse et à moyenne pression les plus fréquemment employées, est à peu près celui-ci. ☞

Machine de 8 chevaux 30 coups de piston.

<i>id.</i>	10	28
<i>id.</i>	12	27
<i>id.</i>	16	25
<i>id.</i>	20	22

En tous cas, nous répétons qu'en mesurant la longueur de la manivelle, il sera toujours facile de calculer quel est le nombre de révolutions qui donnera au piston sa vitesse de 1^m (3 pieds 1°) par seconde.

315. *Du métronome.* Mais pour que le chauffeur puisse régler avec certitude la marche de sa machine, suivant cette vitesse déterminée d'avance, on ne doit pas se fier à l'expérience et à l'habitude pour mesurer la vitesse d'une machine; car souvent on

laisse ralentir par degrés insensibles cette vitesse, et l'on ne peut s'en apercevoir, si l'on n'a pas une mesure invariable et fixe qui serve de point de comparaison, et qui rectifie l'erreur à laquelle l'oreille s'accoutumerait facilement. Il faut placer dans la chambre de la machine un métronome, instrument qui devrait se trouver auprès de tous les moteurs qui exigent une grande régularité.

Rien de plus simple que la construction de cet instrument ; c'est une planche de 1^m80 de longueur environ, devant laquelle oscille une balle de plomb suspendue à un fil de soie. On peut régler la longueur de ce fil, soit en le fixant à un petit goujon mobile, en fer, sur lequel il se roule ; soit en passant le fil qui soutient le petit poids oscillant, dans deux trous percés sur la longueur du goujon, de manière qu'il soit suspendu par les deux bouts. Pour les empêcher de se tordre ensemble, on écarte les deux trous l'un de l'autre, de deux ou trois centimètres. Enfin on met, aux deux extrémités de la soie, de petites balles de plomb pour équilibrer le poids oscillant, de manière qu'en élevant les petites balles on fait descendre le poids, et réciproquement on donne ainsi au fil oscillant une longueur calculée d'avance, suivant le nombre d'oscillations que l'on veut qu'il fasse en une minute.

Pour cela, on trace sur la planche diverses longueurs que nous donnerons dans la table insérée en note sous le n° 7, toutes prises à partir du point de suspension : ce sont les longueurs du pendule qui bat le nombre correspondant de coups en une minute.

On met donc le poids oscillant au niveau du nombre de coups qu'il doit donner; et en le faisant osciller, on compare facilement sa vitesse avec celle de la machine, parce que, quelque faible que soit la différence de ces vitesses, dès qu'il en existe une, au bout de 12, 15 ou 20 oscillations, le pendule prend de l'avance sur la machine, ou se trouve en retard.

316. On graisse les machines à vapeur deux fois par vingt-quatre heures. Pour cette opération, on arrête la machine, en ayant soin de laisser la manivelle en haut. Pour graisser la manivelle, on desserre la clavette, on retire le grain de cuivre supérieur, on le couvre de suif ou de graisse animale fondue, mêlée, si l'on veut, de plombagine passée au tamis de soie; on en frotte également le prisonnier de fer, on remet le tout en place et on resserre la clavette; on fait ensuite couler quelques gouttes d'huile d'olive ou de pied de bœuf, dans les lumières de tous les grains de cuivre du parallélogramme, du balancier, de la bielle, des arbres de couche, etc., etc., et partout où il y a des frottements, sans oublier de desserrer les clavettes et de déboucher les lumières, pour que l'huile puisse pénétrer sur les tourillons, et ne pas les laisser frotter à sec.

317. Au reste, il ne faut pas croire que la conduite journalière d'une machine et son entretien présentent de grandes difficultés, et exigent un très-long apprentissage, et que le talent de chauffeur soit rare à trouver. Il faut peu de temps pour former un chauffeur ordinaire: et un ouvrier qui sait travailler le fer, pourvu qu'il ait un peu d'intelligence, d'activité et de

soin, est promptement au courant de ce travail, si le propriétaire de l'établissement est lui-même en état de se charger de la haute direction de la machine, d'en reconnaître et d'en corriger les accidens les plus sérieux et les moins fréquens ; c'est ce but que nous nous sommes efforcés d'atteindre : ce qui est difficile et rare, c'est de trouver un chauffeur capable, et par l'activité et la tenue de son esprit, et par son expérience pratique, de conduire une machine à vapeur, seul, et sans aucune surveillance; capable de deviner des accidens qu'il n'a pas encore éprouvés, et d'en trouver le remède; capable enfin de l'entretenir, de lui faire exécuter un long travail sans la fatiguer, et avec autant d'attention et d'intérêt qu'en pourrait mettre le propriétaire lui-même. De tels chauffeurs sont peu communs, et nous pouvons ajouter que de tels hommes sont rares aussi dans toutes les carrières, et à des degrés même d'instruction beaucoup plus élevés.

DE LA POSE DES MACHINES A VAPEUR.

318. Bien que la pose des machines soit l'affaire spéciale des mécaniciens et ne regarde pas directement le chauffeur et le manufacturier, nous croyons nécessaire de donner ici les principes d'après lesquels on doit se guider dans cette opération, parce qu'ils sont indispensables, soit pour remplacer les pièces qui se brisent quelquefois, soit pour vérifier les travaux d'un ouvrier monteur, et s'assurer qu'il n'a négligé aucun

soin important , car il est des fautes de montage auxquelles il serait impossible de porter remède plus tard : soit pour pouvoir au moins corriger les défauts dus à cette cause , que l'on apercevrait ensuite dans la marche de la machine. Nous ajouterons qu'il est impossible de bien connaître les machines , de découvrir et de guérir leurs maladies , si l'on ne s'est pas rendu un compte bien exact de l'ajustement et des rapports de position de toutes les pièces , de l'exactitude desquelles dépend presque entièrement la perfection de la machine.

Nous ne saurions donc recommander trop instamment aux manufacturiers , de veiller par eux-mêmes à ce que les précautions les plus minutieuses soient prises dans ce montage. Une machine mal posée s'use beaucoup plus rapidement , est sujette à de plus fréquentes réparations , entraîne par conséquent de nombreux chômages , et brûle enfin plus de houille. Et nous ne craignons point d'insister encore ici sur la nécessité d'éviter tout chômage et tous faux frais inutiles , parce que , quelque faibles qu'ils paraissent en détail , ils forment , à la fin de l'année , une somme considérable.

519. Lorsque l'on a déterminé la place où l'on veut monter une machine à vapeur , le premier travail à faire est de creuser le puits , pour s'assurer que l'on trouvera de l'eau en quantité suffisante ; car un manque d'eau imprévu peut entraver l'entreprise la mieux conçue et la plus avantageuse. On doit même le faire , s'il est possible , avant de construire les bâtimens ;

et de plus , établir dans ce puits , ou dans le trou de sondage que l'on a préalablement creusé , deux ou plusieurs pompes à bras , capables de tirer plus d'eau que la machine n'en consommera. On ne sera plus alors exposé à manquer d'eau. L'on monte ensuite les massifs , sur lesquels la machine reposera , en même temps que le reste de la maçonnerie des murs. Si une partie de ces massifs se trouvait placée immédiatement sur le bord du puits , ou en porte à faux , on y construirait une arcade pour les soutenir. On creusera le puits assez large et assez profond , pour pouvoir placer sans peine les tuyaux et la pompe à eau , les raccorder au besoin , et pour être sûr de ne jamais manquer d'eau. Il ne doit pas avoir moins de 1^m 30. (4 pieds). C'est la moindre largeur que l'on puisse lui donner , quand les massifs ne permettent pas d'aller au-delà. (Voyez *Pompe de puits*.) Et il est même bon lorsque les massifs gênent , de faire le puits plus large au fond qu'en haut ; c'est une construction solide qui donne beaucoup de facilité pour le placement et l'entretien des pompes.

Les massifs qui portent la machine reposeront sur un bon fond , et s'il n'était pas possible de l'atteindre , il faudrait damer solidement les fondations , et y établir un plancher de madriers de chêne , de 0,^m07 à 0,^m10 d'épaisseur ; 2 1/2 à 3° environ d'épaisseur , assemblés avec des traverses , car c'est sur ce plancher que le massif doit reposer ; on le construira entièrement en pierres de taille de grandes dimensions , et dont tous les joints se recouperont , et l'on donnera d'au-

tant plus de soin et de solidité à leur construction , que la machine qu'ils doivent porter sera plus forte. Pour une machine de 10 chevaux , ils doivent avoir au moins 2^m6 (8 pieds) de profondeur .

On a essayé quelquefois de construire une partie de ces massifs en maçonnerie de moellons ; mais cette faible économie présente de graves inconvénients , en ce qu'il est alors impossible de percer exactement à la même , les trous des grands boulons qui traversent les massifs , et y fixent la machine , ou d'y sceller avec quelque solidité des liens de fer , pour réunir ensemble le peu de pierres de taille que l'on y emploie. La dernière assise doit surtout être composée de fortes pierres de taille , et principalement la pierre qui doit porter le palier de la manivelle , parce que c'est là que se fait le plus grand effort de la machine , dans la transformation du mouvement de va et vient en mouvement circulaire : nous avons même vu , dans de petites machines , cette pièce enlevée avec le palier , à chaque tour de manivelle .

En général , il faut faire d'avance l'appareillage des pierres , de manière que les plus grosses se trouvent chargées de soutenir les plus grands efforts .

Il sera toujours avantageux de ne pas élever les murs d'enceinte , avant la pose des grosses pierres de la machine : et on se réservera une porte très-large de 2^m afin de pouvoir entrer et sortir facilement les plus grosses pierres .

Quand les massifs sont construits , il faut , s'il est

possible , les laisser reposer quelque temps avant d'y monter la machine.

320. *De la chambre de la machine.* La chambre de la machine doit être élevée , pour que celle-ci n'y soit pas trop écrasée ; elle doit être bien éclairée par de larges fenêtres , placées , s'il est possible , aux deux extrémités de la chambre ; c'est le jour le plus favorable pour éclairer les parties importantes de la machine , et en même temps pour son effet général. Quand l'axe de l'arbre du volant qui transmet le mouvement dans les ateliers , doit se trouver à une grande hauteur au-dessus du sol , il est bon de construire dans la chambre même de la machine , un escalier qui en occupe toute la largeur , et qui conduise sur le haut des massifs , comme on le voit dans l'élévation générale de la machine (pl. 10). Il est toujours utile , soit pour le service ordinaire , soit en cas d'accident d'avoir dans la chambre de la machine , une porte qui communique directement avec les ateliers. La chambre sera peinte à l'huile , afin de pouvoir laver facilement les taches auxquelles elle est constamment exposée : et nous avons déjà dit que la propreté de la chambre de la machine était un des meilleurs moyens d'entretenir l'activité des chauffeurs. Une machine placée dans un local obscur , étroit et sale , ne flatte en rien et n'excite pas leur amour-propre , et dans la disposition des constructions à faire , il est presque toujours facile de les rendre en même temps commodes et élégantes.

321. On doit bien se garder d'employer des bois pour porter les paliers des machines à vapeur , à moins

d'une nécessité absolue , parce que les bois travaillent beaucoup , et qu'en outre ils ne se lient jamais solidement à la maçonnerie , et y prennent bientôt du mouvement (117).

On trouvera dans l'article relatif aux fourneaux , tout ce qui concerne la pose des chaudières ; nous répéterons seulement ici , qu'il est de la plus haute importance d'asseoir très-solidement et sur bon fond , ou sur plancher de chêne , le massif des grosses chaudières de fonte , et de se rappeler qu'elles éprouvent toujours un tassement , et que , pour qu'elles ne prennent pas charge sur les bouilleurs , il faut réserver du jeu entre les lèvres des bouilleurs , et les tubulures de la chaudière.

322. *De l'arbre du volant.* Pour monter une machine , on pose en premier lieu l'arbre qui porte la manivelle et le volant ; cet arbre doit être parfaitement horizontal , et pour cela , il ne suffit pas que les paliers soient de niveau , parce que les gorges de l'arbre ne sont pas toujours égales : c'est sur l'axe même de l'arbre qu'il faut se régler , en vérifiant le diamètre des gorges avec un compas d'épaisseur , et ajoutant au palier de celle qui serait la plus faible une calle dont l'épaisseur soit égale à la moitié de la différence du diamètre des gorges , pour prendre le nivellement sur cette calle et sur le palier le plus élevé. On peut aussi faire préparer deux tourillons en bois , de la grosseur exacte des gorges de l'arbre , et les ajuster dans le palier , après avoir percé un petit trou dans leur centre ; on passe par ce

trou une ficelle fine, qui sert à niveler les deux papiers. Ces nivellemens doivent être faits avec un niveau à bulle d'air, et une règle dont l'exactitude soit scrupuleusement vérifiée. Nous observerons ici une fois pour toutes, afin de n'avoir pas à le répéter à chaque instant, que, quand on pose une pièce de mécanique, et surtout de machine à vapeur, on doit le faire avec la plus rigoureuse exactitude qu'il soit physiquement possible d'atteindre, et ne jamais se contenter d'approximations ; et c'est en grande partie cette habitude de soins et de patience qui ne se relâche jamais, même pour les pièces de peu d'importance, qui fait les bons monteurs, et en général les bons ouvriers.

323. Ordinairement la hauteur de l'axe de l'arbre du volant, est déterminée d'avance par le travail auquel il est destiné, et la place à laquelle on doit porter le mouvement dans les ateliers ; dans tous les cas, c'est de cette hauteur que l'on part pour poser la machine à vapeur ; mais, quand on peut la faire varier un peu sans inconvénient, on fera bien de régler cette hauteur sur celle des massifs déjà construits, comme nous l'indiquerons tout à l'heure, pour ne pas être obligé de retoucher à ces massifs. Lorsque la machine est à double volée, c'est-à-dire, que le volant ne se trouve pas sur l'arbre de la manivelle, mais bien sur un autre arbre, commandé par des engrenages, pour augmenter sa vitesse, on doit poser le premier le second arbre qui communique le mouvement dans les ateliers.

524. Quand l'arbre de la manivelle est parfaitement horizontal, on y monte le volant; on observera ici que souvent le volant est ajusté de manière à ne pouvoir pas être monté en place: qu'il faut alors en assembler les pièces sur un plan horizontal, le relever ensuite en entier pour le descendre dans sa place, et introduire dans son moyeu l'arbre qui le porte. Lorsque le volant ne peut pas être ajusté en place, il est plus important encore, de ne pas construire d'avance les murs de la chambre de la machine, puisqu'il serait impossible d'y monter le volant horizontalement; et que plusieurs fabricans ont été obligés de les démolir pour cet objet.

525. On doit serrer le volant contre le mur; il vaut encore mieux le loger dans un cintre, taillé dans l'épaisseur même du mur, de manière à l'ailleurer par sa face intérieure; cette disposition offre de l'élégance, en même temps qu'elle laisse un plus grand espace entre la roue de volée et la manivelle: en général cet espace est trop étroit, pour ouvrir un passage convenable. On doit donner à l'ouverture des massifs, dans laquelle roule le volant, une largeur suffisante, pour qu'un homme puisse au besoin y descendre, afin d'en retirer les objets qui y seraient tombés.

Observons ici que devant le volant, comme autour de la bielle et de la manivelle, doivent être placées des balustrades solides, pour éviter tout accident.

526. On calle alors le volant sur son arbre, comme nous avons dit que l'on calle les roues (*Voy. Communications de mouvement*); art. 267, et on doit aussi mas-

tiquer l'intervalle de l'arbre et du moyeu , au mastic de fonte.

327. *Du balancier.* Quand l'arbre de la manivelle est ainsi en place , il faut déterminer exactement la hauteur à laquelle on doit poser le balancier , et par conséquent l'entablement et les colonnes. Les mesures que les mécaniciens donnent ordinairement pour la construction des massifs sont calculées de manière qu'en y posant la grande plaque , les colonnes et l'entablement , le balancier se trouve exactement à la hauteur qu'il doit avoir : c'est-à-dire que , quand la bielle y est fixée , il monte et descend , à chaque coup de piston , d'une quantité égale au-dessus et au-dessous de la ligne horizontale , passant par l'axe de ses tourillons : de manière , en un mot , que cette ligne partage sa course en deux parties exactement égales ; condition importante sur laquelle est calculée la construction du parallélogramme , et qui , si elle n'était pas remplie , exigerait dans le parallélogramme des changemens difficiles (124 et 125). Mais il est bien rare que l'exécution des massifs et des pièces de fonte soit assez rigoureuse , pour qu'il n'existe pas une erreur de quelques millimètres sur la hauteur du balancier , et il faut s'en assurer positivement ; c'est ce que ne font presque jamais les monteurs , et ce qui dans la plupart des machines , empêche les tiges des pistons de descendre perpendiculairement.

Cette hauteur est égale à la longueur exacte de la bielle , depuis l'axe du prisonnier jusqu'à l'axe du tourillon de la boule du balancier , sauf une petite diffé-

rence due à ce que, quand le balancier est au haut ou au bas de sa course, l'axe de ses tourillons n'est pas sur la même perpendiculaire que l'axe de l'arbre de la manivelle : puisque nous verrons plus loin que la perpendiculaire, élevée sur l'axe de rotation de la manivelle, doit partager en deux la flèche de l'arc de cercle décrit par la tête du balancier. Mais cette différence n'est pas appréciable sur une longueur aussi grande. Pour prendre exactement la longueur de la bielle, on placera dans les grains de cuivre des petits tourillons en bois, du diamètre des tourillons de la boule du balancier, et du prisonnier de la manivelle, destinés à les remplacer, en ayant soin de serrer les clavettes ; et c'est entre leurs axes que l'on mesurera la longueur de la bielle.

Ainsi l'axe du balancier doit se trouver exactement à une hauteur égale à la longueur de la bielle, au-dessus de l'axe de rotation de la manivelle ; c'est ce dont on se rend facilement compte, en réfléchissant que quand le balancier est au haut de sa course, la distance perpendiculaire entre ces deux axes est égale à la longueur de la bielle, plus celle de la manivelle : et que, quand il est au bas, elle est égale à la longueur de la bielle, moins celle de la manivelle ; donc, au milieu de sa course, cette distance perpendiculaire est égale à la longueur même de la bielle.

Rappelons encore ici que, quand le balancier est au milieu de sa course, la manivelle n'est pas horizontale, c'est-à-dire que son axe de rotation et son prisonnier ne sont pas sur une ligne horizontale, à cause de l'o-

bliquité que prend la bielle , qui raccourcit sa hauteur perpendiculaire. Le prisonnier se trouve alors au-dessus de l'horizontale ; de là il résulte que si les coups de piston de la machine sont réguliers , la manivelle marche plus vite pendant son demi-tour inférieur , que pendant son demi-tour supérieur.

328. Pour vérifier si l'arbre de la manivelle est placé d'équerre sur le grand axe de la machine , c'est-à-dire sur la ligne qui passe par le milieu des deux cylindres , du condenseur , du balancier , et du prisonnier de la manivelle , on tend une ficelle très-fine sur le grand axe de la machine , et plaçant successivement la manivelle horizontale dans ses deux positions extrêmes , à droite et à gauche de son axe de rotation , cette ficelle doit , dans ces deux cas , couper le prisonnier de la manivelle exactement au milieu de la partie qu'occupe la bielle ; s'il en était autrement , c'est-à-dire si cet axe ne coupait pas le prisonnier à la même place , cela serait dû à ce que l'axe de la manivelle ne serait pas d'équerre sur le grand axe de la machine , et il faudrait l'y amener , en faisant marcher les paliers et les vérifier jusqu'à parfaite exactitude.

329. *Du grand axe de la machine.* Nous avons dit que l'axe de la machine doit couper en deux le balancier , suivant sa longueur , et par conséquent passer par le centre de ses deux extrémités. Il doit passer aussi au milieu de la grande plaque qui porte le cylindre : rien n'est plus important que de se bien rendre compte de la position du grand axe de la machine , qui coupe en deux parties égales le prison-

nier de la manivelle, la bielle, le balancier, l'entablement, la grande plaque et les cylindres; car c'est cette ligne, déterminée par le milieu de l'épaisseur du grain de la bielle, et d'équerre sur l'arbre de la manivelle, qui sert de base au posage de toute la machine.

530. *De la grande plaque et des colonnes.* Quand cette ligne est bien déterminée au moyen d'un cordon, ou mieux d'un fil de laiton fin et bien recuit, et de points de repère, faciles à retrouver; on place la grande plaque de manière que l'axe de la machine la coupe en deux parties parfaitement égales, et que la ligne qui passe par le centre des colonnes, perpendiculairement à l'axe de la machine, c'est-à-dire, l'axe de rotation du balancier, se trouve à une distance de l'axe de rotation de la manivelle égale à la moitié de la longueur du balancier, moins la moitié de la flèche de l'arc de cercle qu'il décrit.

531. *Axe de rotation de la manivelle.* En effet, pour que le balancier soit bien posé, il faut que son axe, déterminé par les deux points de centre de ses extrémités, coïncide avec le grand axe de la machine, c'est-à-dire, qu'en abaissant un fil à plomb par le centre de ses deux extrémités, il tombe sur le cordon qui détermine ce grand axe.

On mesure ensuite l'arc de cercle que décrit le centre des tourillons de la boule du balancier, quand celui-ci marche; on trouve facilement cet arc, en traçant sur un plancher la moitié de la longueur du balancier, depuis son axe de rotation jusqu'à l'axe de la

boule, et lui donnant pour course, perpendiculairement au-dessus et au-dessous de ce niveau, la longueur de la manivelle, de manière que la course entière soit égale à deux fois cette longueur. En abaissant une perpendiculaire du sommet de cet arc, sur la ligne horizontale qui le partage en deux parties égales, l'axe de rotation de la manivelle doit se trouver exactement à l'aplomb du milieu de l'intervalle restant, entre cette perpendiculaire abaissée et le centre des tourillons de la boule du balancier : de manière que, dans la course du balancier, le centre de ces tourillons s'écarte alternativement d'une quantité égale à droite et à gauche de l'aplomb de l'axe de la manivelle.

Ainsi l'axe de rotation du balancier qui repose sur l'entablement doit être placé de manière que le centre de la boule du balancier, quand celui-ci est horizontal, soit plus loin que l'axe de rotation de la manivelle, d'une longueur égale à la moitié perpendiculaire de l'arc de cercle décrit par le balancier.

332. L'entablement, la grande plaque et les colonnes se placent d'après les mêmes mesures : puisqu'ils doivent se trouver à l'aplomb de l'axe de rotation du balancier, et être coupés en deux, sur leur longueur, par l'axe de la machine.

333. *Axe de rotation du balancier.* Quand la plaque est posée suivant l'axe de la machine, et suivant l'axe de rotation du balancier, et qu'en outre on l'a mise d'aplomb avec une grande règle et un niveau à bulle d'air, on pose les colonnes, puis l'entablement, puis le balancier : et avant de les fixer définitivement, on vérifie si l'axe

de rotation de ce dernier est bien de niveau , en s'assurant que les deux points de centre des deux extrémités suivent une ligne perpendiculaire , quand le balancier marche ; ce qui s'opère facilement , en attachant un fil aplomb à une pièce de bois placée au-dessus du balancier , lui faisant couper en deux le point de centre de celui-ci , quand il est en haut de sa course , et regardant si , quand il est en bas , le fil aplomb le partage encore ; car s'il n'y passait plus exactement , il serait évident que son axe ne serait pas de niveau , et que la course verticale du balancier serait gauche. On peut encore le mettre d'aplomb au moyen d'un niveau , *Pl 5 fig. 40* , dont les pieds peuvent reposer à la fois sur les deux tourillons du balancier et sur lequel on pose un niveau à bulle d'air (116). Et en outre on s'assure de nouveau que l'axe horizontal du balancier , passant par le centre de ses deux tourillons , partage sa course en deux parties égales (124 et 125).

334. *Condenseur et cylindres.* On met alors le condenseur en place , approximativement , parce qu'on ne peut le fixer que lorsque le parallélogramme est monté ; on place ensuite les cylindres. Pour cela il faut , quand la machine est à deux cylindres , que l'axe de la machine passe par le centre des deux cylindres de la colonne , et en outre que les deux fils aplomb qui passent par les deux centres des tourillons de la boule tombent au-delà du centre des grands cylindres , à une distance égale à la moitié verticale de l'arc de cercle décrit par le balancier , ainsi que nous l'avons expliqué pour la manivelle ; afin de partager en deux le

tirage oblique produit par le mouvement circulaire du balancier. Pour placer ainsi les cylindres avec facilité, on les ferme tous les deux au moyen de plateaux en bois bien ajustés ; on détermine exactement le centre de chaque cylindre sur ces plateaux ; on y trace la ligne qui passe par les deux centres , et par celui de la colonne du parallélogramme , et il est alors facile de la faire coïncider avec le cordeau qui détermine le grand axe de la machine , parce que les boulons qui doivent fixer les cylindres à la plaque et aux massifs, laissent beaucoup de jeu tant qu'ils ne sont pas serrés.

335. On marque ensuite, au-delà du centre du grand cylindre, c'est-à-dire du côté de la colonne, une distance égale à la moitié verticale de l'arc de cercle du balancier, et on trace en ce point, sur le plateau, une ligne perpendiculaire à l'axe de la machine ; c'est sur cette ligne que doivent tomber les fils aplomb, abaissés par les centres des tourillons de la boule, quand le balancier est parfaitement horizontal. En déterminant ainsi la position des cylindres dans les deux sens, par des tâtonnemens assez minutieux, on les met en même temps d'aplomb, au moyen de la règle munie d'un fil aplomb. *Pl. 5 fig. 8. (94)*, dont nous avons déjà parlé et à laquelle on fait parcourir successivement le tour entier des deux cylindres. En plaçant ces deux niveaux dans les cylindres, on les dresse facilement sur tous les sens. On s'assure en même temps, par ce procédé, si les deux cylindres sont parfaitement parallèles entre eux. On met, s'il

le faut, des calles entre la plaque et les cylindres, pour les dresser, et on serre très-fortement les écrous.

336. Nous avons déjà indiqué les soins que réclame la pose de l'entablement (116 à 120), du parallélogramme et des pistons (121 à 137), de la bielle (138), et du condenseur (185). Celui-ci se pose d'aplomb, par le même moyen que les cylindres, et s'assujétit par des boulons. Quand le parallélogramme est placé et réglé, il faut seulement faire attention à sa hauteur, parce qu'ordinairement les tringles sont faites d'avance, et que sans cela on serait obligé de les couper (111). Quant à la pompe alimentaire (68), pour la placer, on met le balancier horizontal : et dans cette position, le fil aplomb qui tombe au milieu de la boîte à étoupes de la pompe doit couper perpendiculairement en deux l'arc de cercle décrit par le toupillon du balancier qui porte la tige de la pompe, comme nous l'avons dit pour la manivelle, afin de partager le tirage oblique de la tringle.

337. Nous avons déjà donné avec détails la manière de poser les boîtes (142), et de régler les soupapes et le parallélogramme (121).

338. Le peu que nous avons dit ici sur le montage des machines est nécessairement fort imparfait : nous ne le destinons pas à former un ouvrier monteur : cependant il renferme les bases de ce travail, et un homme intelligent, et qui connaîtra déjà une machine, y trouvera tout ce dont il aura besoin pour remplacer des pièces brisées ou dérangées, et se rendre bien compte

des rapports de position qui existent entre toutes les parties d'une machine.

Ce qui précède est principalement applicable aux machines de Woolf à deux cylindres ; mais ce sont les plus difficiles à monter , et les principes de montage sont les mêmes pour toutes les autres machines à balancier et à volant. En effet, la difficulté est de bien déterminer le grand axe de la machine , l'axe de la manivelle , et celui du cylindre , en partageant verticalement en deux l'arc de cercle décrit par le centre des boules du balancier ; puis de poser le balancier au-dessus de l'axe de la manivelle , d'une quantité égale à la longueur de la bielle , afin que sa course soit partagée en deux parties égales, par l'horizontale qui passe au centre de ses tourillons.

339. Les machines dites machines portatives, qui sont assemblées et posées sur des bâches en fonte, et indépendantes des bâtimens , ont été ajustées et montées d'avance dans les ateliers de construction; elles ne demandent plus qu'un massif solide, et une grande exactitude de la part de ceux qui les posent, pour faire coïncider l'axe du balancier avec l'axe de commande des ateliers, et remonter toutes les pièces avec soin.

340. Les machines à un cylindre se posent exactement par le même procédé que celles à deux cylindres : la pose des machines à balancier sans volant, comme les machines d'épuisement est encore plus simple, puisqu'il faut se régler seulement sur le grand axe de la machine, et le faire passer par le point où l'on veut

(283)

établir les tiges des pompes : et qu'au reste on ne monte ordinairement celles-ci qu'après les machines; ce qui laisse toute latitude pour poser son grand axe et son balancier , et y ajuster ensuite le cylindre.

QUATRIÈME PARTIE.

CHOIX ET ACHAT DES MACHINES A VAPEUR.

UTILITÉ COMPARATIVE DES DIVERS SYSTÈMES DE MACHINES A VAPEUR.

341. Ce ne sera pas nous écarter de notre sujet, que de donner ici, aux industriels qui ont besoin de machines à vapeur, les renseignemens nécessaires pour choisir, parmi les principaux systèmes employés, celui qui convient le mieux au travail qu'ils doivent exécuter, aux localités, et aux circonstances dans lesquelles ils se trouvent, et d'y ajouter quelques observations sur la manière de traiter avec les mécaniciens. Car, nous avons vu plusieurs manufacturiers, obligés, après avoir éprouvé de longues pertes, de changer leurs machines à vapeur contre des machines d'un système différent, pour n'avoir pas tenu compte, à la formation de leur établissement, soit du

prix du combustible, soit des frais d'entretien de leur moteur.

Cette question encore toute neuve, de l'utilité pratique des différentes machines à vapeur, est très-difficile, et l'on ne possède que de faibles données sur leur comparaison, parce que chaque constructeur adopte ordinairement un système, auquel il se livre entièrement, et que, pour bien juger de leur mérite relatif, il faudrait avoir fait exécuter à chacune d'elles le même travail, dans les mêmes circonstances, et pendant un temps assez long.

Il est une autre question aussi épineuse, que nous indiquerons toutefois, ne fût-ce que pour appeler l'attention sur elle, et qui présente une importance peut-être plus grande encore : c'est la comparaison pratique des divers moteurs que l'on peut employer, pour exécuter un travail dans des circonstances données, principalement des cours d'eau, des manèges, et des machines à vapeur, les seuls entre lesquels il y ait le plus ordinairement lieu à choisir.

342. *Des divers systèmes de machines à vapeur.* Nous ne traiterons pas ici de la construction des machines à vapeur ; nous ne ferons donc qu'indiquer les systèmes le plus généralement adoptés, et les différences principales qui existent entr'eux, sous le rapport de leur emploi. Il sera complètement inutile d'entrer dans aucun détail sur tous les modes de construction connus et adoptés par chaque mécanicien, et que l'on trouve si variés, surtout dans les petites machines, parce qu'au fond, ils rentrent tous dans les classes

dont nous allons parler, et qu'en mettant à part les détails de construction, les différences qui les distinguent sont souvent à peine appréciables.

343. Les machines à vapeur employées dans les grands travaux sont de plusieurs espèces : 1° les machines dites atmosphériques et à simple effet; dans ces machines la vapeur agit seulement sur un côté du piston et l'atmosphère sur l'autre; ces machines, qui sont les plus anciennes, sont particulièrement employées aux épuisemens des mines, etc.; 2° les machines à double effet et à basse pression; on y emploie la vapeur à une pression égale seulement ou supérieure de peu à la pression de l'air, et elle agit alternativement dessus et dessous le piston; 3° les machines à moyenne pression et à double effet: la vapeur y travaille à une pression de deux ou trois atmosphères; 4° les machines à haute pression et double effet, où la vapeur agit ordinairement depuis 4 jusqu'à 8 atmosphères.

344. *Des machines à vapeur à haute pression sans condensation.* La majeure partie des machines que l'on construit aujourd'hui condensent la vapeur dans de l'eau froide, après qu'elle a travaillé sur les pistons; quelques-unes seulement, à haute pression, la laissent échapper directement dans l'air.

Ces dernières sont d'une construction très-simple, par conséquent d'un prix moins élevé que les autres machines, et peu coûteuses à entretenir. Mais leur mérite principal est de ne consommer que très-peu d'eau, puisqu'il suffit de remplacer dans la chaudière celle qui se convertit en vapeur: tandis que la condensa-

tion de cette vapeur demanderait une quantité d'eau environ trente fois plus grande. D'un autre côté, elles consomment plus de combustible que les machines à deux cylindres de Woolf, et même que les machines à haute pression et à condensation, et en même temps elles sont aussi sujettes à tous les accidens ou désagré-mens, qui sont dus à la forte pression de la vapeur, dans les machines à deux cylindres : perte de vapeur par le piston, les ajustemens et les masticages : frottemens considérables du piston contre le cylindre, nécessaire pour résister à la pression de la vapeur : brûlures et fractures des bouilleurs et de la chaudière. — Nous ajouterons que les défauts des machines à haute pression y sont portés à un degré de plus, puisque, le vide ne se produisant pas sous le piston, l'on est obligé, à force égale, d'y élever la vapeur à un atmosphère de plus que dans les machines à condensation, pour équilibrer et soulever le poids de l'air : ce qui occasionne un surcroît de fatigue, aux masticages et aux chaudières. Ajoutons à cela que les machines à haute pression, où l'on utilise la détente de la vapeur, n'ont pas la marche régulière des machines à basse pression, et des machines à deux cylindres. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

345. En comparant donc les avantages et les défauts des machines à haute pression sans condensation, on verra qu'elles doivent trouver une application utile, partout où la houille est à bon marché, et où l'on ne saurait se procurer assez d'eau pour condenser la vapeur produite. Car, dès que l'on a abondamment de l'eau à

sa disposition , il y a économie de combustible et d'entretien , à condenser la vapeur ; à moins que l'on ne puisse utiliser pour un service particulier toute celle qui a travaillé dans la machine. C'est ainsi que, dans plusieurs ateliers, on la fait passer, avant de la laisser échapper dans l'air, au travers de tuyaux de fonte, destinés à chauffer les ateliers.

Nous ne saurions cependant conseiller cet emploi , parce que, d'une part, le passage de la vapeur à travers ces longs tuyaux donne toujours un surcroît de pression et de résistance à celle qui travaille dans la machine, et en gêne le dégagement, et de l'autre part, il y a toujours de graves inconvénients à faire ainsi dépendre l'une de l'autre deux opérations distinctes , et entièrement séparées. Il est plus avantageux pour le service, et presque aussi économique , de condenser la vapeur de la machine, ce qui donne une économie de combustible, et de produire de nouvelle vapeur pour le chauffage des ateliers; puisque, même en employant à ce dernier usage, celle de la machine à vapeur, il serait encore indispensable d'avoir une seconde chaudière pour continuer le chauffage, dans le cas où la machine serait arrêtée.

346. *De leur emploi sur les chariots des chemins de fer, dits Waggon.* Mais le véritable emploi des machines sans condensation , et celui auquel seules elles conviennent, est sur les chariots à vapeur, destinés au transport des marchandises. En premier lieu, le service des chariots à vapeur, sur chemins de fer, ne s'organise, que là où il y a des masses considérables de marchandises de peu de prix, et de grands poids, à transpor-

ter, et la houille formant le plus souvent le fond de ces transports, c'est sur les houillères mêmes que l'on prend le combustible, et on se le procure par conséquent à très-bas prix. Ensuite, il est évident que l'on ne peut se servir en pareil cas de machines à condensation : il serait impossible de transporter, pendant un trajet de plusieurs heures, les masses d'eau nécessaires pour condenser toute la vapeur produite par la machine : et ce transport, fût-il possible, coûterait beaucoup plus que la faible quantité de houille économisée.

Ces machines ont de plus une qualité qui est ici de la plus haute importance : par suite de la simplicité de leur construction, elles sont très-légères ; on en construit aujourd'hui qui ne pèsent, tout compris, que 7 à 800^k par cheval, au lieu de 4500^k que pèsent ordinairement les machines de Woolf et de Watt, et l'on sentira facilement que, plus on parvient à diminuer le poids de la machine motrice, pour une force donnée, plus est grande la quantité de marchandises que l'on peut lui donner à traîner. Leur bon marché n'est pas non plus en pareil cas une considération à négliger, surtout quand il se trouve réuni à tant d'autres avantages, parce que dans une entreprise de ce genre, il faut à la fois un assez grand nombre de machines, et qu'une économie de près de moitié sur le prix des autres, donne en somme un avantage considérable ; car on peut aisément aujourd'hui établir ces machines, pour chariots, au prix d'environ mille francs par cheval ; tandis que les machines à deux cylindres, bien

construites, valent encore 2,000 fr., depuis dix jusqu'à seize chevaux.

347. *Des machines à vapeur à haute pression, et à condensation : de l'irrégularité de leur marche.* Une partie des inconvéniens que nous avons signalés dans l'emploi des machines à haute pression, sans condensation, disparaît dès que l'on condense la vapeur. La pression nécessaire diminue, comme aussi la consommation du combustible; mais leur défaut le plus grand subsiste toujours : c'est l'irrégularité de leur marche, quand on utilise la détente. En effet, les machines à un cylindre, où la vapeur, admise avec sa pression entière, pendant une partie seulement de la course du piston, se détend pendant le reste de cette course, sont évidemment soumises à une force d'impulsion, qui va en décroissant rapidement avec la pression de la vapeur. Aussi la vitesse du piston est-elle plus grande au commencement de sa course, qu'à la fin, et la marche de la machine très-irrégulière. Ces différences sont assez sensibles, pour que l'on ne puisse pas employer avantageusement ces machines, aux travaux qui demandent une grande régularité, comme par exemple, la filature du coton, dans les numéros un peu élevés.

C'est probablement pour éviter ce fâcheux inconvénient que, Woolf a conçu la pensée d'employer deux cylindres et deux pistons, dont l'un reçoit pendant toute sa course l'action de la vapeur, avec sa pression entière, et l'autre reçoit l'effort de cette même vapeur qui se détend; de sorte que l'affaiblissement total

de la somme des pressions qui agissent sur le piston, est beaucoup moins considérable, que lorsqu'il a lieu dans un seul cylindre : la force qui agit sur les deux pistons, n'est pas diminuée de moitié à la fin de leur course, en supposant que la vapeur se détende de quatre fois son volume primitif; tandis que, dans un seul cylindre elle est réduite au quart.

Aussi, dans les machines de Woolf, l'action du volant suffit-elle pour compenser sensiblement cette inégalité de pression, et les rendre aussi convenables aux travaux les plus délicats et les plus réguliers, que les machines à basse pression, dans lesquelles, au reste, on laisse ordinairement la vapeur opérer aussi une légère détente.

348. *De leur emploi sur les bateaux à vapeur, et de leur consommation.* Ainsi le grand défaut des machines à haute pression et à condensation, quand on y met à profit la détente de la vapeur, c'est-à-dire quand on n'admet la vapeur dans le cylindre, que pendant un quart ou moitié de la course du piston, et qu'on la laisse opérer sa détente pendant le reste de cette course, est, outre les inconvéniens dus à la haute tension de la vapeur, de ne pas donner un mouvement régulier.

Leur consommation en combustible, se trouve à peu près la même que celle des machines de Woolf, peut-être un peu plus forte, de manière qu'à égalité de circonstances, l'avantage reste à ces dernières. Cependant un moindre prix d'achat, plus de simplicité dans la construction, les font quelquefois em-

sés lentement par de la vapeur beaucoup plus puissante, cèdent plutôt, et firent passage d'une part à la vapeur qui s'échappe, de l'autre à l'air qui s'introduit dans la machine, d'où résulte une double perte de force et de combustible.

Elle exerce en outre, sur les soupapes régulatrices, une pression considérable, qu'il faut vaincre pour les soulever. Cette pression agit aussi sur les deux pistons, bien qu'à des degrés différens, et tend à faire passer la vapeur entre les pistons et les cylindres, pour s'échapper de l'autre côté, où la tension est beaucoup moins grande. Le seul moyen de s'opposer à cette perte grave, sans parler de la nécessité d'un ajustage parfait, est de donner beaucoup de bande aux ressorts des pistons, afin de presser les segmens de cuivre contre le cylindre, et de fermer tout passage à la vapeur, il résulte de cette pression un frottement considérable, et c'est une des grandes pertes de force que présentent les machines à vapeur.

352. Sous l'action de cette haute pression, les ajustemens compliqués, comme ceux du parallélogramme, où le nombre des pièces est bien plus grand que dans les machines à basse pression, et par conséquent les chances de dérangement plus nombreuses, et ceux de la tête de la bielle, les pièces qui supportent un grand effort, comme le grain de la manivelle, exposés à des variations de mouvemens légères, mais fréquentes, à des secousses répétées, à des ébranlemens plus profonds et plus puissans, se détruiraient rapidement, si l'on ne prenait des précautions suivies, et si l'on ne pré-

venait les suites de ces premiers accidens, qui seraient bientôt d'autant plus graves, que la vapeur agit ici avec une grande énergie, et que l'obstacle même que lui opposent les pièces dérangées, qui résistent, en accroît l'action et donne lieu à de nouvelles secousses.

Sous l'action de cette haute pression, ces secousses profondes, dues à l'usure d'une pièce, ou au dérèglement d'une autre, se propagent jusque dans les massifs qui portent la machine, jusque dans le bâtiment qui la contient : elles ébranlent et détachent les liens et les scellemens qui doivent la fixer invariablement à la maçonnerie, et s'engendrant réciproquement, se multiplient les unes par les autres.

353. Ces secousses plus grandes, ces dérangemens plus fréquens, ces masticages plus difficiles à faire et plus fréquemment renouvelés, en un mot, ces chances plus multipliées, et en même temps plus graves d'accidens, contribuent à enlever à ce genre de machines une partie de sa régularité et de sa constance : les chémagés plus fréquens auxquels ils l'exposent, sont dangereux pour les établissemens industriels qui les emploient, et entraînent nécessairement des frais d'entretien plus considérables, et une usure plus rapide de toutes les pièces : aussi est-on obligé de calculer sur un temps moins long pour la durée des machines de Woolf, que pour celle des machines de Watt. Au rang des pièces dont l'entretien doit être compté pour une somme importante, se trouvent les bouilleurs, avantageusement placés sous les chau-

dières de fonte, pour les garantir de l'action directe du feu, et sous les chaudières cylindriques de tôle ou de cuivre, pour en augmenter l'effet, en se présentant plus directement et de plus près à son action. Ces bouilleurs, dans lesquels il faut porter l'eau à une température bien plus élevée que dans les machines à basse pression, se trouvent par conséquent exposés à se briser ou à brûler, suivant qu'ils sont fabriqués en fonte ou en tôle.

554. De ces chances plus multipliées d'accidens et de chômages, résulte la nécessité de donner des soins beaucoup plus grands et plus constans, d'abord à la pose, mais surtout à la conduite et l'entretien journalier des machines à deux cylindres, et de ne laisser aucune irrégularité de marche ou d'action sans en rechercher et arrêter la cause, sans en neutraliser immédiatement les effets. Cette surveillance dont les résultats sont si graves, en demandant un peu plus de temps et de travail au propriétaire, l'oblige nécessairement à confier la conduite des machines à des ouvriers plus éclairés, plus habiles, plus soigneux, et par conséquent à les payer plus cher.

Ainsi, il est évident que la conséquence du système des machines à moyenne pression, comparé à celui des machines à basse pression, sous le rapport de la complication des pièces et de l'action plus énergique de la vapeur, est d'entraîner l'établissement qu'elles conduisent dans des frais plus grands de surveillance, d'entretien, de réparation et de chômage.

555. *Des avantages que présentent les machines à basse pression.* En développant les défauts des machines de Woolf, nous avons évidemment fait comprendre les avantages de celles de Watt. Car la simplicité du mode d'action qu'y exerce la vapeur et de leur construction, la faible tension qu'elle y possède, presque complètement équilibrée sur les masticages par la pression de l'atmosphère, la facilité de la marche et de la conduite, l'aisance des mouvemens et le degré de solidité et de fixité plus grand qui en résultent dans toute la machine, font nécessairement disparaître la plupart de ces accidens, auxquels nous avons vu les machines de Woolf exposées, prolongent leur durée, et en suppriment presque entièrement les frais d'entretien et de chômage : en un mot, la régularité parfaite et la constance de leur travail, qui se soutient quelquefois plusieurs années sans accident sérieux ; en font un outil très-précieux dans les ateliers.

556. *Comparaison des deux systèmes de machines. Avantages des machines de Woolf, et défauts de celles de Watt ; de leur consommation en combustible et de leur puissance.* Ce n'est pas tout, cependant, que d'examiner les machines à moyenne pression, sous le rapport des inconvéniens qu'elles présentent ; nous avons exposé nettement leurs défauts et leurs maladies ; mais il ne faut pas les envisager d'une manière absolue, comme inévitables ; et d'un danger de chaque minute ; il ne faut pas les voir partout sans remèdes et sans compensation, et les croire attaquées de tous à la fois, et sans ressources : c'est seulement pour les combattre qu'on

les doit étudier, et pour les comparer aux inconvénients que présentent les autres systèmes de machines, afin de pouvoir apprécier exactement dans quelles circonstances, on les doit préférer les unes aux autres.

La plus grande qualité des machines de Woolf, et celle qui à elle seule compense dans beaucoup de circonstances tous leurs défauts, c'est de brûler beaucoup moins de houille que les machines à basse pression. Ce fait, souvent nié, est bien positif: on peut varier sur la quantité de combustible que consomment ces diverses machines, par force de cheval, suivant que les machines essayées ou les fourneaux sont plus ou moins bien construits et conduits; qu'elles sont plus ou moins chargées, ou que le combustible a plus ou moins de qualité; mais il est certain, que partout les machines à basse pression les mieux construites consomment beaucoup plus de combustible que les bonnes machines à moyenne pression.

357. Nous avons vu constamment les machines de Woolf, sorties des meilleurs ateliers de construction, ne consommer que 5, ou 5 1/2 k. de bonne houille par cheval et par heure, pour leur charge complète, mais sans excès, et quand elles sont en bon état et bien soignées; et c'est la proportion que l'on admet généralement en Normandie, où on les emploie en grand nombre, et où l'on brûle, il est vrai, de la houille de Mons, qui est d'une bonne qualité: tandis qu'au contraire, nous avons toujours trouvé la consommation des machines à basse pression de 5 et 6 k. de houille à l'heure et par cheval. Ce fait peut

être vérifié, partout où l'on emploie à un travail régulier des machines à basse pression, en assez grand nombre pour pouvoir les comparer entre elles. Or, la ville de Sedan, peut en fournir l'exemple : là, les machines à basse pression, consomment des masses énormes de houille, bien que les houilles de Liège que l'on emploie, soient d'assez bonne qualité : cette consommation va souvent au delà de 7 k., tandis qu'à Elbeuf, qui exécute des travaux du même genre, les machines de Woolf n'y consomment que 3 ou 3 1/2 k. de houille. Sans doute les défauts que présentent la presque totalité des fourneaux de machines à vapeur sont beaucoup plus graves, sous les immenses et larges chaudières à basse pression, que sous les chaudières longues et étroites de Woolf; mais d'un autre côté, nous avons déjà dit que les dernières ne peuvent produire plus de 5 k. de vapeur, avec 1 k. de houille, vu la haute température à laquelle elles travaillent; tandis que celles à basse pression donnent facilement 6 k. de vapeur, et pourraient en donner 8 : de sorte qu'évidemment les machines à deux cylindres, développent, en résultat définitif, une quantité de puissance mécanique beaucoup plus grande que les machines à basse pression, avec une même quantité de combustible.

Nous ajouterons ici une observation qui nous a frappés, en visitant les établissemens des deux villes dont nous parlions plus haut : c'est que toutes les machines à basse pression de Sedan sont faiblement chargées, et, par leur principe même et leur construction, ne sont susceptibles d'aucune surcharge au-delà de l'effort

qu'elles sont destinées à vaincre effort qu'elles ne peuvent pas toujours vaincre pleinement ; tandis qu'à Elbeuf comme à Rouen , il n'est peut-être pas une machine à vapeur à laquelle on n'ait donné , non sans danger cependant pour leur santé , une surcharge qui s'élève à $1/6^{\circ}$ ou $1/8^{\circ}$ de la charge primitive ; et presque partout où l'on a mesuré la force des machines de Woolf , on l'a trouvée un peu plus grande qu'elle n'est censée l'être. Bien que cette surcharge les expose à de plus fréquens accidens et les fatigue , elles la soutiennent bien ; ce qui se conçoit aisément , puisqu'on ne change rien à leur mode d'action , ni aux conditions de leur bonne marche , en augmentant légèrement la pression de la vapeur ; tandis que dans la machine à basse pression , la vapeur , dès que sa tension augmente , passe à travers le piston garni de chanvre ; les chaudières ne sont pas en état de supporter cet excès de fatigue ; l'eau qu'elles contiennent remonte immédiatement par le tuyau alimentaire. De plus , on est obligé de leur donner une énorme surface de chauffe , de manière que la plupart du temps , pour ne pas les faire si considérables , on les laisse trop petites : d'où il résulte que l'on ne peut pas aisément monter au besoin la vapeur à une pression supérieure , ni fournir la quantité de vapeur nécessaire à cette augmentation de charge.

360. N'omettons pas d'observer ici que , quoique les machines de Woolf soient capables de recevoir , sans plier sous la charge , un surcroît de travail , quand

les besoins de l'établissement l'exigent, cependant, il faut bien se garder d'abuser de cette puissance pour les fatiguer sans cesse; car c'est sans aucun doute la plus grande cause de dérangemens, d'accidens et de chômages qu'elles puissent rencontrer. Une machine de Woolf qui n'entraîne que sa charge, ou qui reste un peu au-dessous, marche à peu près avec la même régularité, la même constance, la même facilité, qu'une machine à basse pression : la surveillance qu'elle réclame alors ne demande pas plus d'attention, et sa conduite plus d'habileté. Mais aussitôt que l'on dépasse la limite de sa force, les conditions sont immédiatement changées, les accidens se multiplient et s'aggravent, et c'est alors qu'il faut les plus grands soins pour la maintenir en bon état. Et cependant, avec une surcharge de ce genre, l'on est parvenu à donner aux machines à deux cylindres de Rouen assez de régularité, pour que quelques établissemens ne comptent plus, dans les trois cents jours de travail de l'année, que cinq jours de chômage, occasionné par les réparations qu'exigent leurs machines, qui au reste ne travaillent pas la nuit, et auxquelles, en cas d'accident, on ne fait pendant la nuit que de légères réparations.

Il est difficile de compter, terme moyen, sur moins de un jour de chômage par an, avec les machines à basse pression; l'avantage qu'elles offrent est donc bien faible sous ce rapport.

360. *Des frais proportionnels dans les deux systèmes de machines.* Voici un aperçu approximatif des frais

proportionnels, qu'entraînent ces deux systèmes de machines; on pourra adapter à ce modèle de compte les prix de la houille dans les différens pays, et il servira de premier guide dans le choix à faire entre les divers systèmes de machines à vapeur, suivant les localités où l'on se trouvera placé.

Nous avons adopté, pour le prix de la houille, celui d'une partie des provinces du nord de la France, qui est à peu près de 30 fr. par 1000 kilogrammes. Si le calcul avait été fait pour des houilles plus chères, il serait évidemment plus avantageux encore aux machines de Woolf.

C'est porter bien haut les frais de renouvellement des pistons, et du bocal de la petite botte, ou des tiroirs à coquille de ces machines; que de les supposer changés tous les quatre ans. Les pistons bien soignés, et nettoyés trois fois par an, et dont les ressorts sont trempés et ajustés avec toutes les précautions que nous avons indiquées, afin qu'ils ne se brisent pas, et ne forcent pas sur les segmens de cuivre pour les user en peu de temps; ces pistons, disons-nous, doivent être encore neufs, après trois et quatre ans de travail: Comme aussi, à défaut de ces précautions, ils peuvent être usés et perdus en trois mois.

Sur une machine qui n'est pas surchargée, on ne cassera pas un bouilleur de fonte par an. Et si les bouilleurs sont faits en tôle, la somme ici comptée pour entretien sera beaucoup trop forte, parce que, par la même raison, les accidens y seront aussi rares: et, de plus, on ne remplace au besoin que la partie

brûlée. On n'oubliera pas, au reste, que la surcharge des machines est la grande cause de rupture et de brûlure des bouilleurs.

Une machine bien conduite et bien soignée sur laquelle on dépensera un millier de francs chaque année, n'aura sans doute pas perdu toute sa valeur après quinze ans de travail : cependant il faut la supposer de nulle valeur à cette époque.

364. On ne nous accusera pas d'estimer trop bas les bénéfices probables de fabrication d'un moulin à trois ou quatre tournans, mû par une machine de douze chevaux, et même de la plupart des établissemens de cette force, en portant à 180 francs par jour la somme journalière que forment ensemble les frais généraux y compris l'intérêt des machines et marchandises, et la solde des ouvriers qui ne sont pas à leurs pièces et dont le chômage occasionne une perte réelle, ajoutée au bénéfice de fabrication qu'il ne faut pas compter terme moyen au-dessus de 50 fr. , car, dans un établissement de ce genre, le chômage des machines n'enlève pas tout le bénéfice que l'on peut faire dans la journée, parce que les opérations de commerce ne sont pas arrêtées avec les machines. Or, dans la fabrication des farines, la majeure partie des bénéfices repose sur les opérations de commerce, et un moulin n'est souvent qu'un outil destiné à transformer rapidement les marchandises, dont la vente languit, et d'autres qui s'écoulent plus avantageusement.

362. *Compte annuel des frais de combustible et d'entretien.*

Pour une machine de Watt de 12 chevaux.	Pour une machine de Woolf de 12 chevaux.
Huile, en moins 65 k. à l'heure; sur 23 heures de travail, 1500 k. à 30 fr., et 45 fr.; sur 300 jours de travail.....	Houille, 40 k. par heure; sur 23 heures, 920 k. soit 27 f. 60 c., par an de 295 jours de travail.....
43,500 f.	8,402 f.
Entretien. Mastic, étoupes.....	Entretien. Une garniture de pistons, et un bocal pour la petite boîte; 600 fr. répartis sur quatre ans.....
Réparation de chaudières et reconstruction d'un fourneau complet par an.....	450
500	
Huile et suif, 1/2 k. par jour.....	Cuivres pour grains et réparations diverses.....
50	450
Renouvellement de la machine en 25 ans, sur 26,000 f. de prix d'achat, transport et montage.....	Un bouilleur en tôle, ou fonte, ou cuivre.....
1,040	500
Chômage, un jour.....	Mastic et étoupe.....
400	400
	Huile et suif, 1 k. par jour.....
	300
	Renouvellement en 15 ans du prix d'achat 27,000 f. 4,800
	Chômage 5 jours.....
	500
	Balance pour bénéfice de la machine de Woolf sur celle de Watt.....
	3,588
45,490 f.	45,490 f.

365. On voit qu'en portant la houille à ce prix, le bénéfice offre une importance qui n'est pas à négliger, puisque avec la concurrence et le besoin de fabrication économique, qui ne peuvent que s'étendre, et qui forment sans aucun doute et dans leur plus haut développement l'avenir de l'industrie, parce que c'est sa

marche et son principe naturel, une économie de 12 fr. par jour mérite d'être appréciée.

Si nous avions compté la houille au prix de Paris, à 45 ou 48 fr. par 1000 ^k, le bénéfice eût été environ de 4,600 fr.

364. Si au contraire nous supposons le prix de la houille à 20 fr. les 1000 kilogrammes, le bénéfice ne sera plus que de 1800 fr. environ.

A 15 fr. par 1000 ^k de houille, le bénéfice est réduit à mille francs environ. Si l'on ne faisait pas entrer en ligne de compte l'avantage d'avoir moins de surveillance à exercer, ce serait à peu près à 10 ou 12 fr. par 1000 ^k de houille, qu'il y aurait équilibre entre les frais des machines à moyenne et à basse pression; mais à 15 fr., nous pensons que la différence ne doit plus être comptée, parce que, avec les machines à basse pression, la consommation de la houille, qui est leur grand défaut, ne peut guère varier, tandis que, dans les machines de Woolf, des accidens imprévus peuvent accroître tout à coup les frais journaliers.

Il résulte de cette comparaison que là où la houille coûtera 14 à 15 fr. pour 1000 ^k et au-dessous, nous conseillerons l'emploi des machines à basse pression; et au-dessus de ce prix nous regarderons comme avantageux l'emploi des machines de Woolf à deux cylindres; sous condition qu'on leur donnera des soins éclairés, et surtout qu'on ne les surchargera pas: nous pouvons alors leur garantir une marche et un travail aussi actif que régulier.

Cette garantie a acquis d'autant plus de poids,

que chaque jour, la construction des machines de Woolf se perfectionne, le nombre des chauffeurs expérimentés se multiplie, et que chaque jour mieux connues et mieux conduites on en verra disparaître les principaux défauts, et leur emploi deviendra presque aussi facile et aussi simple que celui des machines à basse pression, sans rien perdre de ses avantages d'économie.

365. Pour compléter la comparaison de ces deux genres de machines, nous ne devons pas passer sous silence une dernière différence qui est tout à l'avantage des machines de Woolf, puisqu'elle compense en partie les chances de rupture des bouilleurs que nous avons largement comptées. Ce sont les énormes dimensions des chaudières à basse pression, et leur facilité à se déformer et à s'écraser, tandis que les chaudières de fonte des machines de Woolf résistent parfaitement aux plus grandes pressions, et ne laissent en même temps échapper aucune trace de vapeur, ni d'eau par leurs joints, inconvéniens que présentent la plupart des chaudières à basse pression, et dont la conséquence inévitable est de brûler beaucoup plus de combustible, pour mettre en vapeur toute l'eau écoulée.

366. Quant aux dangers d'explosion, l'expérience le prouve, il n'est pas plus grand dans un genre de chaudières que dans l'autre, et s'il y en avait plus d'un côté, ce serait du côté des machines à basse pression. Nous reviendrons encore sur cette question, en examinant les mesures de précaution par lesquelles on a voulu écarter ces dangers.

367. *Des divers modes de construction.* Il est inutile de nous arrêter sur tous les systèmes, ou plutôt les modes de constructions de machines, que chaque mécanicien invente, retourne et varie à sa fantaisie, souvent même sans raison : tous rentrent dans les grandes classes dont nous avons parlé, et se conduisent par la même méthode : toutes nos observations leur sont applicables.

Nous croyons avoir seulement un mot à dire des principaux modes de construction usités aujourd'hui, et adoptés par l'expérience. La plus grande différence qu'ils présentent est d'avoir ou de n'avoir pas de balancier.

Pour choisir avec connaissance de cause entre ces deux genres de machines, il sera utile de savoir que les frottemens et les décompositions et destructions de force qui résultent de l'emploi d'un balancier court, ou d'une manivelle agissant sans balancier, sont très-grands : ainsi, en principe général, une machine devrait toujours être munie de son balancier ; et la perte de force sera d'autant moins grande que le balancier sera plus long.

368. Mais dans les machines de petite dimension, la plus grande complication de pièces due à l'addition du balancier, et le plus grand emplacement qu'il exige compensent les avantages dont nous parlons. Aussi nous n'hésiterions pas à employer des machines sans balancier ou avec des balanciers courts, au-dessous de huit chevaux ; mais à cette force nous croyons devoir préférer les machines à balancier, comme plus

faciles dans leurs mouvemens et plus légères à conduire : à plus forte raison doit-on proscrire les machines sans balancier dans les grandes forces , comme vingt et trente chevaux. Nous ne les avons jamais vues répondre à ce que l'on a droit d'en attendre. Cependant, sur des bateaux à vapeurs, où l'espace occupé par la machine doit nécessairement être réduit autant qu'il est possible de le faire , on peut s'en servir avec succès , parce que là il s'agit de sacrifier avec connaissance de cause un avantage à un autre avantage plus grand.

569. *Des machines à rotation.* Nous ne parlerons pas des machines à rotation , car il est prouvé aujourd'hui qu'elles ne peuvent jamais donner de bons résultats , à cause des grandes difficultés d'exécution , qui s'opposeront toujours à ce que leur cylindre et leur piston soient aussi bien construits que ceux d'une machine à vapeur , dont la course est en ligne droite ; aussi n'a-t-on pas encore obtenu par ce procédé une seule machine qui ait fourni un travail suivi dans un atelier important.

570. *Des machines à cylindre oscillant.* Les machines à cylindre oscillant, quoique employées dans quelques ateliers , par suite de la modicité de leur prix , seront bientôt abandonnées ; car il est évident qu'il se fait un grand nombre de décompositions de forces dans le mouvement alternatif d'oscillation du cylindre et du piston , et que tous ces efforts , qui portent à faux , vont se détruire sur les tourillons du cylindre , non pas seulement en pure perte , mais en usant rapidement les grains et les ajustemens. Aussi

consomment - elles beaucoup plus de houille que les machines à basse pression, en proportion du service industriel qu'elles rendent, et l'on peut juger facilement si, lorsqu'il est déjà très-difficile de fixer invariablement les cylindres d'une machine à vapeur sur des massifs de pierre de taille, de manière que leurs ajustemens ne prennent pas rapidement un jeu qui donne lieu à des secousses et à une prompte destruction, si, disons-nous, on peut espérer de conserver saine et en bon état une machine qui reçoit sur deux tourillons des efforts aussi grands et toujours légèrement obliques ?

COMPARAISON DES MACHINES A VAPEUR AVEC LES DIVERS MOTEURS.

371. *Des moulins à vent.* Après avoir montré les rapports qui existent entre les divers systèmes de machines à vapeur, il est bon de comparer brièvement les machines à vapeur aux autres moteurs, surtout à ceux qui sont le plus généralement employés, aux manèges, et aux cours d'eau. Pour ce qui concerne les moulins à vent, on ne les peut jamais appliquer qu'à de petites industries, qui n'exigent pas une grande force, ni une marche régulière : car il n'y faut pas compter sur plus de 150 jours de travail dans l'année.

372. *Des manèges à chevaux.* Relativement aux manèges mus par des chevaux, c'est sans contredit le plus mauvais de tous les moteurs, et le plus

coûteux; et nous ne pouvons trouver qu'une seule cause qui leur conserve encore un emploi aussi fréquent en France, c'est sans aucun doute le haut prix auquel les droits de douanes maintiennent le fer et la fonte, et par suite le haut prix des machines à vapeur. Une baisse importante dans le prix des fers en amènerait inévitablement une plus grande encore dans celui des machines à vapeur, parce que la grande quantité de machines qui seraient immédiatement mises en construction permettrait de les fabriquer plus économiquement. Sans cette raison, aucun atelier bien conduit ne voudrait employer un moteur qui coûte plus cher que tout autre, en frais généraux, et qui, marchant sans cesse par secousses, toutes les fois qu'il faut ranimer les chevaux à coups de fouet, donne la plus grande irrégularité dans la vitesse et le travail des machines qu'il entraîne.

Tous les essais faits pour l'appliquer à la mouture des grains ont échoué. La fabrication des huiles, hors des villes, peut encore lui offrir un emploi, parce qu'elle a lieu en hiver, dans un moment où le cultivateur dispose entièrement de ses chevaux et de son temps; mais dans les filatures de coton, où il est encore beaucoup trop souvent adopté, pour peu que l'établissement ait d'importance, il coûte plus qu'une machine à vapeur, même en comptant la houille à un prix assez élevé.

373. D'habiles filateurs de coton, à Troyes, nous ont assuré qu'en payant la houille 60 fr. les 4000 kilog., il y avait encore de l'avantage à employer une machine à vapeur, au lieu d'un manège pour filer le coton,

quand on ne peut pas se procurer un cours d'eau convenablement situé.

374. *De leurs frais généraux.* Il en est à plus forte raison de même en Normandie. Voici à peu près le modèle du compte à établir, pour se guider dans le choix à faire entre un manège de deux chevaux et une machine à vapeur. On remarquera qu'avec un manège de quatre chevaux l'avantage serait bien plus grand encore pour les machines à vapeur : d'abord parce que les frais de celle-ci et la consommation de houille n'augmentent pas en proportion de l'accroissement de sa force ; ensuite parce qu'au contraire la force d'un manège n'augmente pas à beaucoup près en proportion du nombre de chevaux qu'on y applique, et par conséquent de leurs frais d'entretien et de nourriture : de sorte que quatre chevaux ne font pas deux fois plus d'ouvrage que deux chevaux, attendu qu'ils ne tirent jamais ensemble et se contraignent toujours.

375. *Compte des frais de moteur pour une filature de coton à manège.* Le compte suivant est supposé fait pour une filature située à Metz.

Un manège de deux chevaux ne pourra conduire que les machines préparatoires capables d'alimenter 9 à 10 métiers en fin de 216 broches, c'est-à-dire 6 cardes environ, un banc d'étirage, un banc de lanternes de 12 à 15 lanternes, plus les mouvemens. Un batteur simple n'y pourrait être ajouté qu'en ralentissant beaucoup la vitesse de la machine et de la carderie.

On remarquera qu'en choisissant des chevaux très-forts, on fera peut-être un peu plus d'ouvrage, mais aussi on accroitra en même temps les frais d'entretien et de nourriture.

Les 9 métiers mus à bras d'homme n'auront pas, terme moyen, plus de 55 tours de vitesse, et feront chacun 10 à 11 livres de coton au n. 50; soit sur 500 jours de travail, 28,800 livres.

Or un manège de deux chevaux en demande au moins quatre à l'écurie, et un cheval de manège coûte, y compris l'entretien des harnois, les chances de maladies et le remplacement de son prix d'achat en très-peu d'années, au moins 5 fr par jour; 4 chevaux à 565 jours par an, et à 3 fr. ci. . . . 4,380 fr.

Un domestique 520

TOTAL 4,900

C'est donc 16 centimes $\frac{3}{4}$ de frais de moteur par livre de coton, qui ordinairement n'est pas aussi régulièrement travaillé qu'à la machine, à cause de l'irrégularité de mouvement, si fâcheuse dans la marche des préparations.

576. *Frais de la même filature, avec machine à vapeur.*

Un cheval de vapeur entraîne facilement 500 broches filant le n. 30, y compris toutes les préparations. Pour la filature dont nous parlons, il faudra donc une machine de quatre chevaux.

Prix d'achat et établissement.	10,000 fr.
Intérêt à 10 p. 100 pour l'usure.	1000
Un chauffeur	600
Huile, graisse, mastic et entretien.	500
Houille à 4 kilog. par heure et par cheval, sur 15 heures par jour de travail, et 300 jours par an.	1,400
Total des frais dans l'année.	13,500

La différence à l'avantage de la machine à vapeur est donc de 1,400, auxquels il faut ajouter au moins 50 centimes par métier, que l'on retiendra chaque jour aux fileurs pour le paiement du moteur qu'on leur fournit : dans la plupart des villes manufacturières, les frais de moteur se paient 75 centimes par métier : sur 8 métiers en fin, et au moins un en gros, c'est par jour 4 fr. 50 c. et par an 1,550 fr., qui portent l'avantage de la machine à vapeur à 2,700 fr. par an, et réduisent les frais de moteur pour la filature des 28,800 livres de coton à 2,150 fr. Ajoutons à cela que les préparations et métiers, marchant avec une machine à vapeur, auront une vitesse bien plus grande : les métiers feront, terme moyen, 65 à 70 tours, et les cardes, 80 à 90 tours. Par la rapidité, la régularité et la constance de la marche, il y aura au moins 1/5 d'ouvrage de plus fait avec la même quantité de machines et dans le même local. 577. Ainsi, avec un manège, la filature de chaque livre de coton coûtera en frais de moteur 16 cen-

times $\frac{3}{4}$: et avec la machine à vapeur, en ajoutant $\frac{1}{5}$ aux 28,800 liv., on pourra en filer 34,800 avec 2150 f., ou à raison de 6 cent par liv. : sur une fabrication de 100 livres par jour, l'économie est de 10 fr., 75 c., plus le bénéfice sur 15 ou 20 livres de coton, filées en sus de l'ancienne fabrication. Observons encore qu'en cas de chômage, quelle qu'en soit la cause, les chevaux continuent à manger, et la machine au contraire ne dépense plus de houille.

Nous ne comptons pour rien ici la qualité supérieure des produits filés, qui peut faire une différence de valeur de 5 centimes par livre de coton, surtout à cause de la grande difficulté qu'il y a à filer de bonne chaîne à bras.

378. *Des roues hydrauliques.* Les roues hydrauliques sont le seul moteur qui puisse être utilement employé dans les arts avec les machines à vapeur; c'est aux circonstances locales à décider la préférence en faveur de l'un ou de l'autre. Il est évident que lorsqu'un cours d'eau est situé avantageusement et dans le sein ou près d'une ville, ou au moins à portée des grandes communications; lorsqu'il présente une force suffisante pour l'emploi auquel on le destine; lorsqu'il n'est pas susceptible de tarir pendant une partie de l'été, aucune machine à vapeur ne peut être préférable, parce que, dût-on même en payer un loyer assez élevé, il y a là une régularité de marche, une économie d'entretien, une facilité de conduite, qu'on ne compense pas l'avantage possédé par la machine à vapeur, de marcher

toute l'année avec la même puissance, par les plus fortes gelées, et par les plus grandes sécheresses; car on ne saurait le nier, quelque soin que l'on donne à une machine à vapeur, il y a toujours des détails d'entretien et de menues dépenses qui équivalent bien à la perte de force qu'éprouve la roue hydraulique dans les sécheresses et dans les gelées, en la supposant bien construite, couverte, et placée sur un bon cours d'eau.

379. *De leurs défauts.* Mais de même que nous avons exposé les principaux défauts des machines à vapeur, il faut indiquer ici ceux des cours d'eau.

Le plus grand nombre des cours d'eau se trouvent placés dans des pays montagneux et assez éloignés des villes; il en résulte, pour les établissemens qui les emploient, deux inconvéniens souvent très-graves : l'un est de ne pouvoir se procurer facilement des ouvriers dont ils ont besoin (ceci est dit principalement pour les ateliers qui en emploient un grand nombre), et par conséquent d'être plus à leur merci que dans une ville, et de les payer souvent plus cher. Nous comprenons, dans ce premier inconvénient, la nécessité d'avoir un atelier et des ouvriers pour la réparation des machines, qui se ferait plus facilement en ville, sans autant de frais; le second est de rendre plus difficiles et plus lents les travaux du chef d'établissement, toutes les fois que le genre d'industrie qu'il exploite réclame souvent sa présence sur un marché, ou dans un bureau de la ville la plus voisine. Car il perd un temps considérable à faire le trajet de la ville à son établis-

ment, et il lui faut négliger de manière ou d'autre ses affaires, puisqu'il ne peut être en même temps au bureau de la ville et à l'établissement : les manufacturiers éclairés sentiront immédiatement toute la gravité de cette observation, parce qu'ils connaissent la valeur du temps et de la surveillance du maître.

380. A ces premiers défauts, il faut ajouter que les cours d'eau présentent rarement de grandes puissances; la majeure partie ne dépasse pas 12 ou 15 chevaux de force, et l'on n'en voit que bien peu au-dessus de 40 chevaux! Il devient donc indispensable, quand le cours d'eau ne répond pas au travail à exécuter, ou de le restreindre et de se priver à jamais d'augmenter une entreprise qui prospère, ou de partager le travail entre plusieurs établissemens isolés. Inconvéniens tous sérieux; tandis qu'une machine à vapeur transporte sur tous les points où l'industrie la réclame, au centre même des villes et des grands marchés, ou sur le sommet des montagnes, une force qui n'a de limite que les besoins qui la demandent; et applique où l'on veut, et, s'il le faut, sur un seul arbre de couche, la force de plusieurs grands cours d'eau réunis.

381. Enfin, les roues hydrauliques ont un dernier inconvénient qui n'est pas ordinairement sans conséquences fâcheuses, et elles sont plus fâcheuses surtout là où l'industrie est plus active, et où par conséquent le besoin de toute la puissance du moteur est le plus pressant. Nous voulons parler des procès presque inévitables, entre les propriétaires de chutes d'eau qui se commandent les uns les autres. Il est peu d'établissemens

dans les pays industriels qui n'aient eu, ou qui n'aient encore de ces procès à soutenir, surtout pour le réglément du niveau de l'eau, que chaque atelier cherche à soutenir et à monter, même sans s'inquiéter de noyer la roue qui se trouve immédiatement au-dessus.

Quelle que soit la bonté du cours d'eau, les sécheresses s'y font inévitablement sentir, et il faut ordinairement ralentir les travaux à cette époque. Les glaces aussi les entravent une partie de l'hiver, et il devient nécessaire dans un établissement important d'enfermer les roues dans une cage bien close, et que l'on chauffe même pendant les grands froids.

382. *Comparaison des machines à vapeur et des cours d'eau.* Les avantages et les inconvénients de ces deux moteurs étant ainsi exposés en peu de mots, il nous reste à en apprécier la valeur comparative, pour servir de guide, bien peu exact sans doute, mais au moins approché, aux manufacturiers qui se trouveraient appelés à choisir entre eux.

Mais la valeur locative, c'est-à-dire les frais de moteur des cours d'eau, varient tellement avec leur situation et le degré d'industrie du pays, qu'il est presque impossible de donner autre chose ici que le cadre du calcul à établir pour arriver à une solution. En effet, tel cours d'eau, comme la chute de la Moselle, situé au milieu de la ville de Metz, loué à raison de 12 ou 1300 fr. par tournant, et qui s'y louerait facilement aujourd'hui 2000, depuis que le commerce des grains s'y est développé, ne sera pas loué à moins de 5000 fr. par chaque force de

moulin à blé , aux environs d'une grande ville manufacturière ou dans son sein. Nous ne pouvons donc donner de résultats très-exacts sur cette question :

383. *Frais généraux d'un moulin à eau et d'un moulin à vapeur en ville.* Voici cependant ce qu'il faut à peu près compter. Prenons pour exemple un moulin à blé composé de quatre tournans , dont trois marchant ensemble , et mus par une machine à vapeur de 12 chevaux ; et supposons que l'on ait le projet de l'établir à Metz.

Nous avons vu que l'on pourrait dresser le compte des frais de la machine à vapeur à peu près comme suit :

Houille.	5,500 f.	} 12,50:
Entretien et réparations.	2,000 f.	
Deux Chauffeurs.	4,000 f.	
Intérêts du capital de machine et loyer de bâtimens.	4,000 f.	

Or les cours d'eau situés au milieu de la ville sont demandés aujourd'hui à 2000 par tournant tous ensemble ; et si on les louait séparément, leur valeur locative s'élèverait encore. Ce n'est donc pas porter trop haut le loyer d'un cours d'eau capable de faire tourner trois moulins à la fois , et des bâtimens nécessaires à l'exploitation, que de les compter 6000 fr.

Il faudrait en outre y faire de grandes dépenses pour remonter ces moulins à eau, et les mettre en état d'exécuter autant d'ouvrage que le moulin à vapeur ;

15,000 f. ne seraient certainement pas assez, et l'intérêt doit en être compté à 16 %, au moins pour couvrir les frais d'établissement à l'expiration du bail. On aura donc pour les frais annuels du moulin à eau.

Loyer.	6,000 f.	}	8,000 f.
Intérêts des dépenses d'é-			
tablissement.	2,000 f.		

384. Or avec le moulin à vapeur on peut compter sur 540 jours pleins de travail, en supposant dans les deux cas que l'on travaille 550 jours par an ; parce que les moulins n'arrêtent pas le dimanche : c'est compter largement que d'admettre dix jours de chômage forcé, pour une machine qui travaille jour et nuit : car il est constant que si d'un côté elle fatigue plus en travaillant jour et nuit, de l'autre côté, elle est beaucoup moins sujette à une foule de petits dérangemens ; de petites pertes de temps, que l'on éprouve, en la remettant en activité quand on arrête tous les soirs, comme dérangemens de la pompe de puits, fentes des masticages par les dilata-tions et les contractions alternatives, rupture de bouilleurs ; pertes de chaleur par le refroidissement de la chaudière, etc.

Ainsi pour une machine bien soignée qui ne sera pas trop chargée, et travaillera jour et nuit, on ne doit pas avoir dix jours de chômage forcé dans l'année. Nous comptons dans les deux cas, 15 jours par an de chômage volontaire pour grandes fêtes, etc.

Les 11,550 f. de frais répartis sur 540 jours de travail, donneront par jour de frais 36 f. 75 c.

385. Dans un moulin à eau sur la Moselle, il faut déduire de son travail, terme moyen par année en chômages forcés :

Deux grandes crues d'eau qui noient les roues, tant pour les jours où l'on est complètement arrêté, que pour ceux où l'on ne travaille qu'à demi-charge;	} 40 jours,
--	-------------

Pour deux et quelquefois trois mois de basses eaux, où l'on est obligé de travailler à $\frac{1}{2}$ charge, supposons perte nette.	10 jours.
---	-----------

Pour le temps des glaces où on arrête les moulins, et où ils travaillent à $\frac{1}{4}$ charge.	15 jours.
--	-----------

50 jours.

Il ne restera donc de travail net, sur les 350 jours, que 300. Tous les hommes qui ont étudié les cours d'eau seront d'avis que c'est encore compter trop haut le travail net des moulins établis sur un excellent cours d'eau : il en est beaucoup qui ne donnent pas 200 jours de travail, et qui sont encore estimés.

Les 8000 fr. de frais répartis sur 300 jours donneront par jour de travail. 27 fr.

386. Les moulins à eau ont donc dans ce cas un avantage moyen de 10 fr. par jour sur le moulin à vapeur,

ou d'environ. 3000, fr. par an : d'où il faudrait déduire le bénéfice que l'on aurait fait sur tout l'ouvrage que le moulin à vapeur exécute dans les 30 ou 40 jours qu'il travaille de plus que le cours d'eau, etc. Il faut compter en outre que ce bénéfice est un objet de la plus haute importance, parce que c'est positivement dans les moments où le moulin à eau vient à chômer, soit par les gelées, soit par les sécheresses, que le prix des farines monte le plus haut par rapport à celui des blés, et que par conséquent les bénéfices du négociant meunier sont les plus grands. C'est sans aucun doute à cette circonstance qu'est dû le fait constant que les moulins à vapeur, dans les mains de négocians habiles, se soutiennent en présence de moulins à eau, dont les frais sont beaucoup moins considérables.

Mais comme la machine à vapeur présente nécessairement quelques chances imprévues qui n'existent pas avec des roues hydrauliques, et qu'elle demande beaucoup plus de travail et de peine pour bien fonctionner, nous concluons, du compte précédent, que dans cette position et à ce prix le moulin à eau est plus avantageux que le moulin à vapeur.

387. *Frais du même moulin à eau, situé hors de la ville.* Si d'un autre côté on le suppose établi hors la ville et à une lieue et demie de distance, tandis que le moulin à vapeur pourra s'établir au milieu de la ville, la question sera entièrement changée : car aux frais de location d'un cours d'eau semblable, qui

ne s'élèveront plus qu'à environ. 5,600 fr.

Et aux intérêts du remboursement des dépenses à y faire. 1,800

Il faut ajouter :

Quatre chevaux, dont un de cabriolet,
à 2 fr. par jour, compris le renouvellement
des chevaux, harnais, maladies, sur 365
jours. 3,000

Un charretier. 600

Bureau en ville et commission pour
chargemens et déchargemens au moins. . . 2,000

Sur 500 jours de travail, frais. 11,000 fr.

Soit par jour, 36 f. 66 c.

Un moulin à vapeur aura en outre besoin d'un cheval et d'un charretier que nous avons ici comptés, et que l'on peut évaluer à 1,000 ou 1,200 fr. par an, ce qui portera ses frais à 40 fr. par jour : mais aussi, le meunier établi hors la ville perdra en courses, et en absences soit de la ville, soit de l'établissement, soit de son bureau, au moins la différence de frais qui dans le compte ci-dessus est à son avantage : de sorte que cet avantage selon nous devient essentiellement nul, et il se trouve au contraire tout entier du côté du moulin à vapeur qui travaille 30 ou 40 jours de plus par an que le moulin à eau, et qui exécute, ce travail dans les momens les plus avantageux pour la vente, tandis que précisément alors le moulin à eau est obligé de chômer.

388. Cette dernière considération deviendrait nulle s'il s'agissait d'un établissement d'un genre différent : mais il resterait toujours en faveur de la machine à vapeur l'avantage très-important de pouvoir s'établir au centre des relations de la ville, d'être sur place pour recevoir toutes les communications et toutes les demandes des négocians et voyageurs, qui ne vont pas chercher un établissement situé à deux lieues : et il s'en présenterait en outre de nouvelles, comme la difficulté de se procurer des ouvriers loin de la ville, et le prix plus élevé qu'il leur faudrait accorder s'il s'agissait d'une filature.

Ces données sont sans doute loin d'être parfaitement exactes : cependant elles peuvent suffire pour guider dans un calcul semblable, et indiquer les points sur lesquels l'attention doit se porter spécialement.

389. Nous devons à l'obligeante amitié de M. C., habile filateur de coton de Rouen, les notes suivantes sur la comparaison des machines à vapeur et des cours d'eau pour filature de coton. Il insiste d'abord très-fortement, en parlant d'une filature à eau placée à trois lieues de Rouen, sur les inconvénients de l'éloignement pour les placemens de marchandises et les achats de matières premières ; sur l'absence de populations ouvrières dans les villages, et le désagrément d'être obligé de plier sous ceux qu'on occupe, etc. Il revient sur le danger de passer par les mains des commissionnaires, qui ne présentent jamais vos marchandises qu'en concurrence avec d'autres marchandises sem-

blables dans le même magasin, ce qui force à vendre à un cours basé sur le prix de ceux qui sont pressés de vendre.

390. *Compte des frais de moteur d'une filature de coton sur machine à vapeur et sur cours d'eau.* Vient ensuite le compte proportionnel de frais généraux qu'il établit pour une machine à vapeur de douze chevaux, et un cours d'eau de même force. La première s'établira à Rouen hors barrière : le second sera situé seulement à 3 lieues de la ville.

Il suppose que la machine à vapeur n'est pas surchargée, les 12 chevaux conduisant 6,000 broches avec les accessoires à 3,000 tours par minute.

Chaque broche fera, moyennement au n° 26, par chaque semaine de 81 heures de travail, $\frac{1}{2}$ livre de fil de coton. Il admet, pour plus de simplicité, que le temps de travail sera le même dans les deux établissements, les chômages pour gelées et sécheresses couvrant largement les chômages d'entretien des machines à vapeur; (et cette concession est tout à l'avantage des moulins à eau, qui ont presque tous beaucoup plus de chômages que les machines à vapeur, même de Woolf.)

Il admet aussi que l'on ne fera sur aucun des deux moteurs du fil à la continue, parce qu'exigeant beaucoup de force, on n'en fabrique presque jamais sur des cours d'eau.

FRAIS GÉNÉRAUX DE LA MACHINE A VAPEUR.

Local pour filer 3,000 livres par semaine, et logement du propriétaire au moins à loyer. . . . 4,500fr.

Impôt foncier hors ville. 300

Intérêts du moteur. 1,500

Dépréciation du moteur. 1,500

Graisse, mastic, chanvre, etc. 800

Réparation annuelle. 1,000

Un chauffeur. 1,000

Pour 15 h. $\frac{1}{2}$ de travail, il faut chauffer

fer 15 heures à 40^k par heure.

600^k à 44^k par poche;

13 $\frac{1}{2}$ poches par jour à 2 fr., prix

moyen;

= 27 f. par jour, et par an. 8,100

Total des frais généraux. 48,700fr.

391. En 1820 à peu près, les cours d'eau se louaient, aux environs de Rouen, 8 et 10 c. par livre de coton qu'ils étaient capables de filer dans l'année; aujourd'hui, on en trouve à 6 cent. Ainsi 150,000 liv. par an à 6 cent. 9,000f. » c.

Impôt foncier. 500 »

Un cheval et entretien. 600 »

Cabriolet et entretien. 300 »

10,400 f.

Report. 10,400 fr.

Les veilleuses se paient presque toujours 75 c. par semaine de plus qu'en ville, soit 37 fr. par an. A n'en compter que 7 dans une carderie qui fera 3,000 liv. par semaine. 259 »

Éclairage pour les ouvriers à leurs pièces, comme le fileur bélicien, les dévideuses, qui ne leur est pas compté en ville, et qui l'est hors ville, soit 60 becs à 50 cent. par bec, terme moyen, 30 fr. par semaine pendant 22 semaines 960 »

Port de marchandises, tant pour cotons en laines que pour filés à 75 cent. par 50^k, sur au moins 175,000 liv. de cotons, huile, et autres provisions. . . . 1,312 50

On paie les fileurs en ville 28 cent. le kilog. au n° 28 ou 29, à la campagne ordinairement 28 cent. au n° 26, et 29 cent. pour le n° 28. Différence : 1 cent. par kilog. 750 »

Magasin en ville, pied-à-terre, fin-pôt : 800 »

Dépense du cheval une fois par semaine. 400 »

Transport des commissions journalières 14,584 f. 50c.

<i>Repar.</i>	14,581 f. 50 c.
lières, différence en plus pour serru- rie et menuiserie.	600 „
Un commis capable de diriger les ventes, sans la nourriture, au moins.	2,400 „
Total des frais. . . .	<u>17,581 f. 50 c.</u>

Pour rendre la position des deux filatures analo-
gue, il admet que le propriétaire vende lui-même ses
produits; s'il paie une commission pour cet objet, elle
sera de 1 p. % sans le ducroire et sur 280,000 fr.
de ventes et achats, elle s'élèvera à près de 3,000 fr.
On voit donc qu'en définitive l'avantage d'être sur
place, à portée de diriger ses affaires soi-même, et les
ventes beaucoup plus avantageuses que l'on fait, com-
pensent la faible différence que nous trouvons dans
les frais généraux, à l'avantage des cours d'eau. Aussi
l'avis de M. C. est-il entièrement d'adopter, en pa-
reil cas, une machine à vapeur sur place, au lieu d'un
cours d'eau éloigné.

OBSERVATIONS SUR LA MANIÈRE DE TRAITER AVEC LES MÉCANICIENS.

392. Après avoir ainsi comparé les machines à vapeur
entr'elles, et avec les manèges à chevaux et les cours
d'eau, nous allons nous adresser plus directement aux
manufacturiers qui ont le projet d'employer quelques-

unes de ces machines , et leur indiquer la marche à suivre pour prendre sur toutes les questions qui se présentent alors une résolution motivée.

S'il s'agit seulement de remplacer un manège par une machine à vapeur, ou de transporter sur une machine à vapeur un établissement monté sur un cours d'eau , afin de l'augmenter et de le rapprocher de communications plus importantes ; s'il s'agit au contraire de transporter sur un cours d'eau un établissement monté sur une machine à vapeur ; les notes succinctes que nous avons données plus haut suffiront pour tracer la marche à suivre , et se rendre un compte approché du véritable état des choses. Mais si d'un autre côté l'établissement n'est pas encore formé, il se présente, avant de décider quel moteur on doit employer, une foule de questions qui ne sont pas de notre ressort, et que nous n'examinerons pas.

393. *Questions à poser avant d'entreprendre une manufacture.* Celui qui veut former un établissement nouveau doit rechercher avec soin et maturité si cet établissement est une affaire de commerce plutôt que de fabrication , ou de fabrication plutôt que de commerce ; car il n'y a pas de fabrication sans commerce : ils sont toujours mêlés , et la question est cependant très-différente ; ses goûts , ses habitudes , ses études , sa capacité , sa constance , sont en rapport avec l'industrie où il va s'engager , et si de ce côté il sera maître de son affaire , ou tributaire d'un commis ou d'un contre-maître.

Si ses ressources pécuniaires , après avoir formé l'é-

tablissement entier, en ajoutant aux devis, avec quelques soins qu'ils aient été faits, une très-large part pour les chances d'erreur ou d'augmentation, suffiront aussi largement au roulement de l'affaire, et de quel genre sont ces ressources, personnelles ou étrangères, parce que les chances et les conditions sont essentiellement différentes ?

Si l'affaire est bonne en elle-même, indépendamment de ces circonstances personnelles et préliminaires ; c'est-à-dire quels sont

Les frais d'établissement ?

Ceux de fabrication de tout genre ;

En matières premières ;

Main-d'œuvre ;

Impôts ;

Intérêts des capitaux engagés en bâtimens, machines ou loyers ; entretien de bâtimens, machines et utensiles, comptés tous largement ;

Renouvellement de tous ces objets et remboursement annuel d'une portion de leur prix d'achat, comme réduction de valeur ;

Chances d'accidens, incendies, faillites, châtiments.

Frais de bureau, voyages, transports ;

Intérêts des fonds roulans sur la masse des avances à faire : escomptes sur les ventes ou commissions ;

Frais imprévus.

Quelles ressources le pays peut offrir pour l'approvisionnement des matières premières, et s'il n'en résultera pas une hausse dans leur prix ?

S'il trouvera sous sa main une population manufacturière déjà formée, accoutumée aux travaux de ce genre, ou s'il sera obligé de la former lui-même ? S'il pourra se procurer assez d'ouvriers pour les besoins de la fabrication et l'entretien des machines ?

Que l'est, en ajoutant l'évaluation de toutes ces chances aux frais de la fabrication, le revient de la marchandise fabriquée ?

Quel est le prix courant de vente sur place s'il y a un marché ; quels sont les débouchés sur place, et au besoin les débouchés éloignés, et les moyens de communication et de transport, en comptant dans les deux cas sur une baisse dans le prix, afin d'avoir une marge suffisante ?

Si la marchandise fabriquée est d'une consommation assez restreinte, soit par son prix élevé, soit par le peu d'emploi qu'elle trouve, pour que l'on ait à craindre de voir les produits de ce nouvel établissement, opérer une baisse subite ? Si la fabrication est concentrée dans un assez petit nombre de mains, pour que l'on ait à craindre une coalition qui tenterait d'écraser le nouvel établissement par une forte réduction dans les prix ?

Si, au contraire, la marchandise est commune, d'un emploi très-étendu, et livrée à des prix assez bas, pour que l'on n'ait rien de pareil à redouter, et que l'on soit toujours sûr de vendre facilement, à la faveur d'une différence très-légère, toutes les quantités fabriquées, ce qui offre autant d'avantage que de sécurité ?

Qu'il existe dans le pays des établissemens du même genre, et s'ils prospèrent ? c'est une des plus fortes garanties que l'on puisse trouver.

Dans le cas où la fabrication serait neuve, de quels poids doivent être dans la question les grandes difficultés, inévitablement liées à l'établissement d'une fabrication nouvelle, et au développement de ses débouchés ?

Quelles chances de concurrence prompte il peut rencontrer, ce qui dépend et des moyens de conserver les procédés secrets, et de l'importance des capitaux nécessaires pour former un établissement rival ?

Quelle étendue il doit donner à sa fabrication pour la mettre en rapport avec les ressources du pays en matières premières, les débouchés et les moyens pécuniaires dont il peut disposer ?

594. *Choix de la machine à vapeur.* L'indication de ces questions, quoiqu'incomplète, ne sera pas cependant sans utilité pour les hommes qui ne se sont pas encore occupés d'industrie. Nous les supposons résolues, et nous supposons le manufacturier décidé aussi à prendre une machine à vapeur.

Les localités étant choisies, il doit s'assurer s'il y trouvera de l'eau de bonne qualité, en quantité suffisante pour alimenter sa machine, et plus grande encore s'il y a lieu à prendre une machine à basse pression. Un puits creusé décidera la question : en y établissant deux ou trois pompes à bras, il jugera sans peine s'il suffira largement à tous les besoins, et il essaiera si l'eau est douce et savonneuse.

Les calculs que nous avons donnés plus haut le guideront ensuite dans le choix du système de machines à vapeur à adopter. S'il a de l'eau en grande abondance, et de la houille à 14 ou 15 fr. les 1000 kilogrammes, ou au dessous, il prendra une machine à basse pression. Si au contraire la quantité d'eau est moins grande, et la houille plus chère, il se décidera pour une machine à moyenne pression et à deux cylindres, en observant bien que plus la machine dont il a besoin sera forte, plus l'avantage des machines de Woolf sur celles de Watt sera grand, et plus par conséquent il faudra que le prix de la houille soit bas pour s'arrêter à ce dernier système, parce que les frais de consommation de houille augmentent beaucoup plus rapidement que les autres frais des machines à vapeur; et par conséquent si pour une machine de douze chevaux la limite du prix de la houille où commence l'avantage des machines de Watt est à 15 ou 16 fr., pour une machine de 50 ou 40 chevaux, cette limite devra descendre à 12 ou 13 fr.

Ainsi nous admettons que le manufacturier qui veut former un établissement a positivement arrêté ses idées sur une machine à vapeur, et qu'il est au moment d'entrer en relations avec des mécaniciens pour cet objet.

395. *Du marché à passer avec les mécaniciens.*
La première question qui se présentera est celle de la force à donner à la machine: et deux observations seront ici nécessaires. En premier lieu, il est très-important de prendre au commencement d'un établis-

sement une machine plus puissante qu'il ne faut pour conduire les ateliers projetés; car c'est le seul moyen de se réserver la possibilité d'augmenter l'établissement, sans être obligé de surcharger la machine. Nous avons vu plus haut combien cette surcharge est funeste, aussi bien aux mouvemens de communication qu'aux moteurs; c'est la plus grande chance d'accidens qu'un manufacturier puisse mettre contre lui; tandis qu'en prenant une machine un peu plus forte, il réserve une marge suffisante aux augmentations qui ne peuvent manquer de devenir nécessaires si l'établissement prospère. Nous avons vu peu de manufacturiers, qui n'aient pas eu occasion de regretter l'achat d'une machine trop faible. Et que de pertes de temps et de dépenses pour en opérer le changement!

396. En second lieu, tout en déterminant la force de la machine qu'il veut acheter, le manufacturier ne doit considérer cette condition que comme secondaire, en ce sens que ce n'est pas une machine de telle force en chevaux qu'il lui convient d'acheter, mais une machine capable de conduire tant de métiers, et mieux de faire tant d'ouvrage; c'est la seule méthode dans laquelle il pourra trouver des garanties: la seule qui, laissant de côté toutes les expressions peu nettes de force de chevaux, aille au but, et contienne un engagement positif, explicite, et franc de toute difficulté, puisqu'il est toujours facile de faire constater par des experts si l'ouvrage demandé est fait dans les conditions ordinaires du travail et en bonne qualité. Il est quelques cas où cette méthode

ne pourrait pas être suivie : tel serait celui où l'on destinerait la machine à conduire des travaux de différents genres, comme dans une blanchisserie, brasserie, etc.

397. L'expérience a prouvé que les marchés passés entre les manufacturiers et les mécaniciens, pour la fourniture de machines de telle force de chevaux, sont sujets à une foule de difficultés presque toujours insolubles, et deviennent une source de procès funestes aux deux parties; parce que l'estimation de la force du cheval de vapeur varie pour chaque mécanicien, et n'a rien de net et de positif: et qu'en outre, on n'a aucun moyen facile de mesurer la force des machines.

Quand la mécanique appliquée aux arts, aura fait de nouveaux progrès, et que l'on aura perfectionné et répandu l'emploi du frein dynamométrique de Prony, encore difficile et peu connu, alors la mesure directe de la force des machines pourra servir de base aux marchés, et en garantir l'exécution.

398. Jusqu'à ce moment, il faut traiter pour que la machine puisse exécuter largement tout le travail dont on a besoin, en y ajoutant l'excès de force que l'on se veut réserver, et déterminer ce travail en quantités fixes. Ainsi, lorsqu'il s'agira de monter une filature de laine, on traitera pour l'achat d'une machine à vapeur capable de conduire un nombre déterminé de cardes et de travailler par jour tant de livres de laine. Il en sera de même pour un moulin de blé, où l'on fixera la quantité de grains à nettoyer, moudre et bluter par 24 heures.

De plus, nous engageons les manufacturiers, en fixant en même temps la dépense en combustible, à confier, autant qu'ils pourront le faire, à une même main l'organisation de leur établissement, afin de ne pas partager et par conséquent anéantir la responsabilité. Ils y trouveront en outre cet avantage, que s'ils ne se sont pas trompés dans le choix qu'ils ont fait du mécanicien auquel ils s'adressent, l'établissement sera formé avec beaucoup plus d'ensemble, et ils pourront au moins exiger qu'il leur soit livré en activité, c'est-à-dire à l'épreuve.

399. Beaucoup de manufacturiers, fort instruits du reste, sont persuadés qu'ils trouveront une économie notable à diriger une partie des travaux; en ne traitant que pour ceux qu'il leur est impossible d'exécuter par eux-mêmes. Il est certain, et nous en appelons là-dessus à l'expérience de la majeure partie des industriels, que ce n'est qu'avec de longues et coûteuses expériences qu'ils obtiendront un succès, certain et facile s'ils se fussent adressés à des hommes déjà expérimentés dans les constructions dont il s'agit, et au courant de toutes les difficultés imprévues qu'elles peuvent présenter et de toutes les améliorations qui y sont introduites chaque jour. On ne fait et l'on ne fait bien que ce que l'on fait constamment et spécialement : et c'est sous ces seules conditions qu'on le peut faire avec économie. Un manufacturier croit pouvoir construire lui-même, sans conseil, des roues hydrauliques; il les étudie dans les ouvrages qui en traitent, mais il n'en a pas encore établi : s'il a besoin de pièces de fer et de

fonte , il les paiera probablement à peu près au prix que le mécanicien lui eût demandé, en se réservant un bénéfice, et ce qu'il économisera, ce seront à peine les honoraires du mécanicien, mais alors il n'a aucune garantie. Il est presque impossible que sa roue n'ait pas quelques défauts qu'une main plus expérimentée eût évités.

En un mot, tout travail est cher et mal fait quand il n'est pas fait par des hommes du métier : et c'est une erreur bien dangereuse que la pensée de vouloir faire tout par soi-même, et de se passer de tout secours étranger. On s'expose à autant de dangers, en voulant construire ou améliorer soi-même, sans conseils, une manufacture, que l'on connaît mal, et dont au moins, on ne peut connaître bien toutes les parties, à la fois, qu'en voulant se soigner dans une maladie grave, sans médecin.

400. Qu'un manufacturier étudie lui-même à fond toutes les branches de sa fabrication, qu'il s'entoure de toutes les connaissances qui peuvent l'aider dans cette étude, c'est, selon nous, un devoir et la plus grande garantie de succès. Mais ses connaissances, quand il s'agit d'un travail important, doivent lui servir plus à juger l'homme à qui il veut confier ce travail et les procédés qu'il veut employer, qu'à les appliquer lui-même. Car, quelque instruit qu'il soit, il ne sait pas tout dans chaque branche. Ainsi un fabricant de toiles peintes a-t-il un calorifère à construire, il fera sagement de s'adresser à un homme qui en ait déjà construit; et ce qu'il paiera de plus pour honoraires de ce travail, sera le prix de la garantie morale et de

les garanties positives qui lui sont données, et par l'expérience du constructeur, et par le marché fait avec lui. Nul manufacturier éclairé n'hésitera à reconnaître combien il est important d'aller à coup sûr et sans tâtonnement dans l'organisation ou l'amélioration d'un atelier, et des avantages pécuniaires que l'on y trouve; car les écoles, en fait de machines ou d'appareils, sont ruinées.

401. Mais si les manufacturiers doivent imposer des conditions sévères aux mécaniciens et exiger des garanties positives, il faut aussi qu'ils se décident à payer ce que valent et ces conditions et ces garanties. Le cours naturel de l'industrie, quand il n'est contrarié par aucune loi, règle directement le prix des choses sur leur prix coûtant, augmenté des chances que présente l'opération; parce que les chances, ou leur prix d'assurance, sont encore une partie essentielle du prix coûtant, et que toute assurance doit être payée. Ainsi le prix des marchandises coloniales, à part tout ce qui, dans ce prix, doit être attribué à l'action des lois de douanes et des lois coloniales, ce prix, disons-nous, est composé du prix d'achat aux Colonies, des frais de transport, des intérêts des capitaux, des bénéfices du négociant qui les fait venir, et en outre des chances soit de perte soit d'avaries, soit de fausses spéculations: sans quoi personne ne voudrait s'occuper de ce commerce.

402. Il en est de même du prix des machines en ajoutant à leur prix coûtant le bénéfice légitime de toute industrie, qui doit ici être plus fort que dans beaucoup d'autres

machines, doit chercher à se procurer celles qui sont les meilleures, et en choisissant les meilleures, nous ne connaissons pas de limite au bien. Rien n'est trop bon, non pas sous le rapport de luxe, toujours inutile et ruineux, mais sous les rapports de la solidité et du soin dans l'exécution, parce qu'il n'y a pas de médiocrité en machines, et que la différence de prix d'une mauvaise machine à une bonne est si faible, que ce misérable avantage est bientôt couvert et dépassé par les frais de raccommodage, d'entretien, et les pertes de fabrication, ou de chômage.

La véritable économie est surtout dans l'achat des bonnes qualités, en marchandises comme en outils. Le manufacturier exigera, comme nous l'avons dit, des garanties nettes et détaillées, pour être assuré de la réussite de son établissement; il paiera un prix suffisant, pour avoir le droit d'exiger de bon ouvrage, sans se baser sur les prix qui lui sont demandés pour des machines du même genre, mais moins bien construites, et en même temps qu'il tiendra à l'exécution des conditions qui intéressent la sûreté et la bonne marche de son établissement. Quand ces conditions seront bien remplies, et qu'il aura lieu d'être satisfait des résultats, il ne se montrera pas difficile sur d'autres points accessoires, dont l'un des principaux est le temps nécessaire pour monter l'établissement.

404. Quiconque a eu occasion de s'occuper de travaux de ce genre sait combien il est difficile, dans une affaire étendue, de ne pas rencontrer quelques obstacles imprévus, des pièces manquées à renouveler, etc., qui

entraînent un retard aussi fâcheux sans doute pour le manufacturier que pour le mécanicien, mais que souvent l'on eût évité en négligeant quelques autres parties de l'ouvrage. Or quand le mécanicien a rempli ses obligations, et il doit les remplir sans hésiter, dans toutes leurs conséquences, et avec cette bonne foi et cet amour du bien qui ne sont pas renfermés dans le cercle étroit d'un engagement écrit, mais qui vont jusqu'où les pousse le besoin de ne rien laisser imparfait, alors, disons-nous, le manufacturier doit de son côté montrer qu'il sait apprécier et le travail et la manière dont il a été exécuté : il doit, dans les circonstances qui se peuvent présenter, agir vis-à-vis le mécanicien, comme le mécanicien a agi vis-à-vis de lui, en se rappelant, que lui de son côté n'a aucune chance à courir, qu'il est assuré contre toutes, que, quelle que soit la perfection apportée dans l'exécution des machines et dont il profite directement, il n'aura rien à payer au-dessus du prix arrêté, tandis que le mécanicien est exposé à une foule de chances, que le meilleur prix ne compense pas toujours.

Nous espérons que l'on ne nous fera pas un reproche d'avoir insisté sur les devoirs du manufacturier envers le mécanicien, en nous accusant de plaider notre propre cause, et que l'on reconnaîtra ici, comme partout ailleurs, notre profonde conviction; puisque nous avons développé sans hésiter et franchement les devoirs du mécanicien envers le manufacturier, et que nous avons indiqué à celui-ci, les garanties qu'il devait exiger.

Pour compléter cette courte instruction, disons un

mot de la manière de recevoir et d'examiner les machines.

405. *Réception des machines à vapeur.* Le manufacturier ne doit pas se contenter d'étudier la machine à vapeur que l'on monte dans ses ateliers. Quand elle est montée, il en doit suivre et surveiller la pose, non pas seulement pour s'assurer que l'on y apporte tous les soins minutieux réclamés pour cette opération, et qu'aucune précaution n'est négligée pour en assurer la solidité, et la marche régulière et économique; il ne doit pas seulement suivre avec le plus grand soin la construction des fourneaux, parce que la plupart du temps les maçons qui l'exécutent ne la comprennent pas, et en changent toutes les dispositions, ou au moins les proportions, sans vouloir se rendre compte ou se laisser convaincre de leur importance, ce qui plus tard expose le manufacturier à chercher long-temps les causes, soit du mauvais tirage, soit du mauvais effet des fourneaux. Le manufacturier doit encore suivre la pose de chaque pièce de la machine, et l'examiner avant le montage et pendant le montage, parce que c'est là qu'il en découvrira le mieux les défauts, qui plus tard seraient cachés.

Quand la machine est complètement posée et prête à fonctionner, il faut en passer en revue toutes les pièces avec soin, vérifier les ajustemens des grains du parallélogramme, de la tête de la bielle, des pistons, etc.; car si l'on voit qu'ils soient négligés, on devra concevoir quelque méfiance sur le soin avec lequel ont été travaillées toutes les pièces dont on ne peut

pas constater facilement l'exactitude. Cet examen terminé, on chauffe la chaudière en étudiant sa marche, le tirage du fourneau quand il est bien sec ; car au moment où on y allume le feu pour la première fois, si la construction est récente, l'humidité du fourneau refroidit tellement la fumée, qu'elle sort entièrement froide de la cheminée, et qu'il n'y a aucun tirage. Après une ou deux heures au plus, par exemple, dès que le fourneau est sec, le tirage se développe tout à coup.

406. On examinera dans les premiers jours de travail si le feu est vif, et si l'on est obligé de le modérer au moyen du registre, pour régler la machine sous sa charge ordinaire, afin de se ménager de la ressource, quand les carneaux commenceront à contenir de la suie.

407. La machine vide doit s'enlever sous la plus faible pression ; et prendre aisément la plus grande vitesse ; si elle était lourde à vide, elle souffrirait plus encore à charge.

408. Si c'est une machine à deux cylindres, elle doit enlever sa charge sous une pression qui ne dépassera que peu 2 atmosphères du manomètre, c'est-à-dire 25 ou 30 livres de pression, suivant l'expression reçue. S'il fallait plus de pression, à moins que la charge ne soit forcée, il y aurait lieu de craindre que, plus tard, quand les pistons ne seraient plus aussi propres, les masticages en aussi bon état, elle n'exigeât de la vapeur beaucoup plus forte.

On fera cependant attention qu'une machine ne pos-

se de pas toute sa légèreté dans les premiers jours de sa marche. Il en est de même lorsqu'après avoir déjà longtemps travaillé, on en démonte les pistons pour un nettoyage. Ceci s'applique au reste à toute espèce de machines, et ce n'est qu'après un certain espace de temps que toutes les pièces de cuivre s'étant adoucies, et pour ainsi dire moulées sur celles de fer et de fonte, les frottemens sont adoucis, et la machine parfaitement légère.

409. Il faut s'assurer ensuite que la machine ne fait aucun bruit, ne donne aucune secousse; que ses pièces fixes, comme les cylindres, les colonnes et surtout le palier de sa manivelle, n'éprouvent aucun ébranlement; que le condenseur ne donne pas d'air, que la pompe de puits fournit plus d'eau qu'il n'est nécessaire pour le service de la machine chargée; que les tiges de pistons descendent toutes deux verticalement, et sans forcer d'aucun côté; que les boîtes à étoupes tiennent bien la graisse; car, s'il en était autrement, il serait probable que la course des tiges de piston n'est pas verticale; que les parties de la machine qui doivent être mastiquées sont dressées et ajustées avec beaucoup de soin, comme les bords des cylindres sur lesquels reposent les plateaux, les plateaux des boîtes, etc., parce que, quand elles ne sont pas bien dressées, on use beaucoup plus de mastic, on se donne beaucoup plus de peine, et l'on ne fait que de mauvais masticages. Nous recommandons fortement cette condition souvent négligée, et qui est la cause de bien des désagréemens et des pertes de combustible, par

l'air que ces mauvais ajustemens admettent, tandis que de bons ajustemens ne se dérangent jamais; il faut s'assurer aussi que tous les tuyaux à vapeur ont un diamètre assez grand, que les soupapes de la pompe alimentaire tiennent bien l'eau; enfin que les tiroirs et soupapes des boîtes ferment parfaitement, et sont bien réglées.

Voilà à peu près les objets principaux sur lesquels doit porter l'examen du propriétaire. Quant aux incoveniens que le travail de la machine pourrait lui découvrir successivement, le temps exigé pour la garantie lui donnera le moyen de les reconnaître, et de voir s'ils tiennent à un défaut, ou de la machine même, ou de son montage, ou de sa conduite.

CALCUL ET MESURE DE LA FORCE DES MACHINES À VAPEUR.

410. Notre but est de présenter ici les procédés employés, soit pour calculer la force des machines, soit pour la mesurer. Ces calculs sont loin de donner des résultats certains; parce que, quoique l'on puisse se rendre un compte approximatif de la force développée et de celle dépensée en frottemens et non utilisée, on ne peut pas faire entrer dans le calcul les circonstances particulières qui tiennent à la machine même que l'on calcule: comme le degré de perfection avec lequel elle est construite, le bon état dans lequel elle est entretenue, etc.; et l'on est obligé de s'en rapporter à des formules générales qui comprennent sous une seule

expression, toutes ces pertes de force, pour un même système de machines.

Le seul procédé constant et positif serait évidemment la mesure directe de cette force, qui se trouverait ainsi appréciée en produit net, c'est-à-dire par son effet utile. Mais les moyens qu'on y a appliqués jusqu'à ce jour sont encore difficiles à pratiquer, longs et souvent dispendieux, ce qui s'oppose la plupart du temps à leur emploi. Nous en parlerons cependant avec assez de détails, pour que l'on puisse au besoin en faire usage; et il est à désirer que cet usage se répande, d'abord à cause de la certitude qui s'introduirait dans la mesure des machines; ensuite parce qu'il fournirait le moyen de recueillir des résultats variés et nombreux, sur la quantité d'actions qu'exigent les divers travaux industriels, et de former ainsi des tables très-utiles et aux mécaniciens et aux manufacturiers qui ont des ateliers à monter.

411. Nous avons puisé la majeure partie des détails que nous donnons ici, dans le cours de mécanique industrielle de M. Poncelet, le seul homme qui, occupé de recherches mathématiques, ait bien senti comment elles devaient être appliquées à la mécanique pratique, comment elles en devaient diriger les expériences, en recueillir et comparer les résultats; et ait présenté, sous une forme simple, et réduit à une seule expression facile à concevoir, la mesure de toutes les forces mécaniques utilisées. M. Poncelet, à qui nous devons les plus utiles conseils dans les constructions hydrauliques que nous avons faites, et qui nous honore de

son amitié, a développé en peu de pages, dans son cours de mécanique industrielle, fait pour les artistes et ouvriers Messins, la théorie des machines à vapeur, et donné avec la plus grande clarté la manière d'en calculer la force et d'en apprécier les effets; ce sont ces résultats qui nous serviront de guide.

412. *Mesure commune des moteurs.* La force d'un moteur, quel qu'il soit, se mesure par la pression qui est exercée sur ce moteur, multipliant l'espace parcouru en une seconde, ou sa vitesse par seconde. Ainsi, la force d'une manivelle sur laquelle un homme travaille est mesurée par l'effort qu'il y exerce, multipliant le chemin qu'elle parcourt en une seconde. Tout travail, et par conséquent celui d'une machine à vapeur, est mesuré de la même manière; c'est ce que l'on nomme quantité de travail, quantité d'action.

413. *Mesures de la force des machines à basse pression et sans détente.* Supposons d'abord, pour la simplicité du calcul, que la vapeur agisse pendant toute la course du piston avec la même tension; c'est-à-dire qu'il n'y ait pas de détente, rien ne sera plus facile alors que le calcul à faire. Si la vapeur est à une atmosphère de tension, c'est-à-dire si elle est seulement capable de soutenir un poids de 1^k033 par centimètre carré, alors il est évident que la pression totale exercée sur le piston sera égale à autant de fois 1^k033 qu'il y a de centimètres carrés dans le piston. Si son diamètre est de 0^m27 , on obtiendra sa surface en formant le carré de ce diamètre, ce qui donne $27 \times 27 = 729$ centimètres

carrés, et multipliant ce produit par $\frac{7.85}{100} = 573$ centimètres carrés, ce qui donne le rapport du diamètre carré, au diamètre rond; c'est-à-dire la quantité, à laquelle il faut réduire le carré du diamètre, pour avoir la surface du cercle de même diamètre.

Nous avons admis que la pression de la vapeur est égale à une atmosphère, ou 1.033 par centimètre carré: la pression totale sera donc 573 centimètres carrés, multipliant $1.033 = 592$. Admettons maintenant, pour plus de simplicité, que la course du piston soit de 1^m en 1 seconde, il résultera de là que la force de la machine sera égale à un effort de 592^k , parcourant 1^m en 1 seconde, ou 592 , multipliant 1^m , ce qu'on représente par cette expression 592 kilogrammètres ou 592^m . Si la vitesse du piston était de $0^m 80$ en 1 seconde, la force de la machine serait de $592 \times 0^m 80$, ou 414^m .

414. On admet, dans ce calcul, que le refroidissement qui a lieu par la surface des cylindres, et dont il se faut préserver autant qu'on le peut faire, est presque nul, dès que la machine est en plein mouvement. C'est en effet ce qui a lieu à peu de chose près. En même temps, la tension de la vapeur est mesurée avec un manomètre posé sur la chaudière, et la tension de la vapeur dans les cylindres est toujours un peu plus faible que dans la chaudière; il est donc nécessaire de compter plutôt au-dessous de la force indiquée par le manomètre qu'au-dessus.

415. *Tension du condenseur en sens contraire du mouvement.* Il faut observer, d'un autre côté, que la pression

exercée sur le piston, par la vapeur qui vient de la chaudière, n'est pas exercée pleinement et sans opposition, à part tout ce qui est dépensé en frottements; car, dans toutes les machines à basse et à moyenne pression, on condense la vapeur dans de l'eau froide, et le plus ordinairement dans un vase séparé. Or l'eau qui a servi à condenser cette vapeur, a acquis une température élevée de 40° , par exemple, et à cette température la vapeur, ou l'eau chaude, conserve une tension assez forte, qui, en s'ajoutant à la tension de l'air resté dans le condenseur, et que la chaleur a chassé de l'eau de condensation, donne encore un effort d'environ $0^{\text{m}} 15$ par centimètre carré ! Cet effort serait au reste facile à mesurer en adaptant un manomètre au condenseur.

Quoi qu'il en soit, cette tension de $0^{\text{m}} 15$ par centimètre carré, restée dans le condenseur, est évidemment en sens contraire de l'action de la vapeur de la chaudière, et contrebalance une partie égale de l'action de cette vapeur sur le piston, puisqu'elle agit en sens contraire. Pour calculer exactement l'effort développé par la vapeur de la chaudière sur un piston, derrière lequel agit encore la tension de l'eau chaude, et de l'air dégagé dans le condenseur, il faut donc retrancher de l'effort de la vapeur sur chaque centimètre carré du piston, l'effort contraire de la tension du condenseur. Il est évident que ce qui restera sera la différence de ces deux pressions, et par conséquent la pression réellement exercée sur le piston. Ainsi, dans l'exemple précédent, l'effort sur le piston était de

partie de la course du piston et il faut tenir compte de cette détente dans le calcul.

On détermine d'abord pendant quelle portion de course le piston reçoit l'action de la vapeur sans détente, c'est-à-dire est en communication avec la chaudière qui lui fournit de la vapeur. Supposons la course totale du piston égale à 1^m 44, et la partie de cette course où la vapeur agit sans détente égale 0^m 32. Il s'en suit que la vapeur se détendra pendant une course de 1^m 12, et qu'elle occupera alors un volume $4 \frac{1}{2}$ fois plus grand, que celui qu'elle occupait au moment où la communication avec la chaudière a été fermée. Puisque 1^m 44 est égal à $4 \frac{1}{2}$ fois 0^m 328, la vapeur se sera donc détendue de 4 fois $\frac{1}{2}$ son volume primitif, et elle aura $4 \frac{1}{2}$ fois moins de tension à la fin de la course des pistons qu'au commencement. Mais quelle est la somme des pressions qu'elle a exercées pendant cette détente?

420. Voici la manière de le calculer exactement : en premier lieu, il est évident que pendant la première partie de la course 0^m 32, la vapeur ne s'étant pas détendue, la quantité de travail produite sera égale à la pression, que nous supposons $3 \frac{1}{2}$ atmosphères $\times 1^k 033 = 3^k 62 \times$ la surface du piston dont le diamètre est supposé 0^m 80, ou 5026 centimètres carrés, ce qui donne pour la pression exercée sur le piston 18474^k, et, multipliant ce produit par le chemin parcouru 0^m 32, on a 5846^{km} environ.

Pour le reste de la course, on divisera l'espace restant 1^m 12 en un nombre pair de parties égales,

en 4, par exemple, et désignant cet espace restant par les lettres *a e*. Les divisions faites aux points *b c d* seront *abb. cc.d.de.* égales chacune à 0^m28.

En désignant par *P* la pression totale sur le piston, au point *a*, au commencement de la détente, que nous avons vue être 18174^k, on calculera les espaces parcourus et les pressions exercées successivement par la vapeur à mesure qu'elle se détend, en se rappelant qu'en vertu de la loi de Mariotte la vapeur dans ce cas-ci, aussi bien que les gaz, a une tension qui est en raison inverse du volume qu'elle occupe. (Voyez la note 8 sur la compression de l'air dans les manomètres.) De sorte que, quand elle occupe un espace deux fois plus grand, elle a une tension de moitié moins grande : quand l'espace est triple, la tension est réduite au tiers : ainsi l'on a toujours la pression de la vapeur détendue, en divisant la pression primitive par le rapport du volume primitif et du nouveau volume : ce qui revient à multiplier la pression par le volume primitif, et la diviser par le nouveau volume : si cette pression est égale à 2^k4 par centimètres carrés, et que le volume qui était égal à 1 soit devenu 3, la pression sera $\frac{1 \times 2^k 4}{3} = 0^k 8$.

On formera ainsi la table suivante des espaces parcourus et des pressions correspondantes aux divers points de divisions,

Positions des pistons en	a.	b.	c.	d.	e.
	centimètres.				
Espaces parcourus.	32	60	88	116	144
Pressions correspondantes.	P	$\frac{32}{60}P$	$\frac{32}{88}P$	$\frac{32}{116}P$	$\frac{32}{144}P$
Opérant le calcul.	18474 ^k	9692 ^k 8	6608 ^k 7	5043 ^k 5	4038 ^k 7
N ^{os} des pressions.	1	2	3	4	5

421. Avec ce tableau des pressions aux divers points de division, on calculera facilement la quantité de travail développée pendant la détente par la règle suivante.

Pour obtenir cette quantité de travail, on additionne ensemble.

Les pressions extrêmes.	18,474 4,038 7	}	22,212 ^k 7
Deux fois la somme des pressions de rang impair.	2 × 6608 ^k 7	13,217 ^k 4
Quatre fois la somme des pressions de rang pair.	4 × (9692 ^k 8 × 5043 ^k 5)		58,825 ^k 2
			<hr/> 94,255 ^k 3

On multiplie alors cette somme par l'espace constant compris entre les 4 divisions que nous avons faites dans la course de la vapeur qui se détend, c'est-à-dire par 0^m28, ce qui donne 26391, et on prend enfin le tiers de ce produit 8797^{km}, qui est la quantité de travail développée par la vapeur sur le piston, pendant qu'elle se détend : il faut y ajouter ensuite la quantité de travail développée par la vapeur dans la première partie

de la course, pendant qu'elle agit sans détente, et que nous avons trouvée être 5816^{km} ; on aura donc pour la quantité totale de travail $8797 + 5816 = 14613^{\text{km}}$.

421 bis. Dans le cours des travaux industriels on peut se contenter de diviser l'espace dans lequel la vapeur se détend en 2 parties égales, au point c ; chacune de $0^{\text{m}}56$ et de faire le calcul par la même méthode. Ce moyen est plus court, plus simple, et donne des résultats qui diffèrent très-peu des premiers.

On aurait trouvé ici pour le travail produit par la détente $\frac{1}{2} \times 0^{\text{m}}56 (18174^{\text{k}} \times 4038^{\text{k}},7 + 4 \times 6608^{\text{k}},7) = 9801^{\text{km}}$ puisque les pressions de rang pair disparaissent. On ajoute de même ce travail à celui de la vapeur sans détente 5816^{km} et le total est 14897^{km} .

422. *Méthode abrégée pour calculer le travail des machines à vapeur* (1). « La méthode que nous donnons ici repose sur ce principe que, lorsqu'un volume donné de vapeur à une tension déterminée se détend d'une même quantité, il développe toujours la même quantité de travail. Il suffira donc de calculer d'avance une table qui donne le travail transmis au piston d'une machine à détente quelconque, par un certain volume de vapeur prise à une tension déterminée, et pour les diverses hypothèses que l'on peut faire sur cette détente, ou sur le rapport du volume occupé par la vapeur, au moment où elle va se rendre au condenseur, à celui qu'elle occupait à l'instant où elle s'est détendue sous le piston de la machine. Car on en conclura faci-

* Poncelet, *Mécanique industrielle*, 1^{re} partie, page 175.

lement dans chaque cas particulier , et par une simple proportion , la valeur même du travail que dans toute autre circonstance elle serait capable de développer sur les pistons d'une machine différente.

« Supposons, par exemple, que nous sachions, d'après la table , qu'un mètre cube de vapeur introduite , à la tension atmosphérique ordinaire , sous les pistons d'une machine dans laquelle la détente est de 4 fois $1/2$ le volume primitif, communique à ces pistons, dans une course entière ou demi-oscillation de la machine, une quantité de travail représentée par F , et qu'il s'agisse de calculer le travail x que produit pour la même détente un volume de vapeur de 0 m. c. 25 sous une tension de 3 $1/2$ ou $7/2$ atmosphères , on n'aura qu'à écrire la proportion

$$1^{\text{m. c.}} \times 1^{\text{at.}} \frac{7^{\text{at.}}}{2} \times 0^{\text{m. c.}} 25 :: F : x, \text{ d'où } x = \frac{7^{\text{m. c.}} 0,25}{2 \times 1 \times 1} F \\ = \frac{7^{\text{m. c.}}}{2} 0,25 F = 0,875 F.$$

» Il restera à diminuer cette valeur de x , de la quantité de travail que développe en sens contraire la vapeur du condenseur, dans une course entière de celui des pistons qui est en communication directe avec le condenseur. Après quoi on achèvera le calcul comme nous l'avons indiqué.

Table des quantités de travail produites sous différentes détentees par 1 mètre cube de vapeur d'eau prise à la tension de l'atmosphère.

Volume après la détente.	Quantité de travail correspondant.	Volume après la détente.	Quantité de travail correspondant.	Volume après la détente.	Quantité de travail correspondant.
m. c.	km.	m. c.	km.	m. c.	km.
1.25	12.635	4.25	25.277	7.27	30.794
1.50	14.518	4.50	25.867	7.50	31.444
1.75	16.411	4.75	26.426	7.75	31.483
2.	17.490	5.	26.955	8.	31.811
2.25	18.707	5.25	27.459	8.25	32.129
2.50	19.795	5.50	27.940	8.50	32.437
2.75	20.780	5.75	28.399	8.75	32.736
3.	21.679	6.	28.839	9.	33.027
3.25	22.506	6.25	29.261	9.25	33.510
3.50	23.271	6.50	29.665	9.50	33.585
3.75	23.984	6.75	30.055	9.75	33.854
4.	24.650	7.	30.431	10	34.116

Nota. Quand il n'y a pas détente, et que le volume reste égal à 1, le travail produit par l'action directe du mètre cube = 10,833 km.

423. » *Application particulière.* Pour montrer comment on doit se servir de cette table, prenons encore les données de la machine que nous avons calculée plus haut, où la vapeur est introduite à 3 1/2^{at} de pression, et doit occuper après sa détente 4 fois et 1/2 son volume primitif. La première chose à calculer est la valeur de ce volume primitif, ce qui est toujours facile quand on connaît bien la machine. Ce volume est dans l'exemple cité plus haut égal $(0^m 80)^2 \times 0,785 \times 0^m 52 = 0^{u. c. b.} 16,085$. La table donne pour la même détente du mètre cube de vapeur à 1^{at}, la

quantité de travail 25,867 kilogramètres; donc, d'après ce qui vient d'être dit, celle qui répond à 3 atmosphères $\frac{1}{2}$ et aux 0^{me}. 16085 sera $3^{\text{e}} \times 0^{\text{me}}. 16085 \times 25,867^{\text{km}} = 14562^{\text{km}}$.

Le calcul de la force de la machine s'achèvera comme nous l'avons dit plus haut.

424. Il faut seulement observer que, pour les détentes qui excèdent cinq fois le volume primitif, il s'en faut de beaucoup que les résultats soient aussi forts que l'indiquent les nombres du tableau. On devra supposer généralement qu'au delà de six ou sept fois le volume primitif, la quantité de travail utile est plutôt moindre que supérieure à celle qui répond à cinq fois le volume; et il est constant qu'il n'y a pas d'avantage à laisser la vapeur se détendre au-delà de quatre à cinq fois son volume primitif, puisqu'au delà de cette limite la résistance et les frottemens absorbent en totalité et surpassent le bénéfice donné par la détente.

425. La méthode suivie ordinairement par les mécaniciens donne des résultats très-erronnés, et dont la conséquence est d'autant plus fâcheuse, qu'ils exagèrent beaucoup la force des machines.

En effet ils se contentent de prendre, pour la pression moyenne exercée sur le piston pendant la détente, la moitié de la somme des pressions extrêmes au commencement et à la fin de cette détente, ainsi dans l'exemple précédent ils auraient $1^{\text{me}} \times \frac{18174^{\text{k}} + 4038^{\text{k}}}{2}$
 $= 12459^{\text{km}}$, quantité qui surpasse de beaucoup les

8797^m que nous avons trouvés. Ainsi il faut bien se garder d'adopter cette méthode qui induirait les manufacturiers dans des erreurs graves sur la force de leurs machines, en les leur montrant plus fortes qu'elles ne sont réellement.

426. *Machines à deux cylindres.* Pour calculer la force des machines à deux cylindres, le procédé est exactement le même que pour calculer la force des machines à un seul cylindre et à détente. Il est indifférent que la détente s'opère dans un cylindre différent de celui dans lequel la vapeur agit avec toute sa pression, pourvu que la partie de ce cylindre dans lequel il n'y a pas de détente soit égale en capacité à celle du petit cylindre de Woolf, et que le volume occupé par la vapeur après la détente dans la machine à un cylindre soit le même que le volume occupé par la vapeur après la détente dans le grand cylindre de Woolf, c'est-à-dire égal au volume de ce grand cylindre.

Ainsi le calcul d'une machine de Woolf à deux cylindres se réduit à celui d'une machine dont le cylindre unique aurait le diamètre du petit cylindre, et la capacité du grand, et où la vapeur travaillerait sans détente, sur une course de piston égale à celle du petit piston, et avec détente pendant tout le reste de la longueur du cylindre que nous employons pour ce calcul.

427. Ainsi supposons une machine dont le petit cylindre aurait de diamètre 0^m80, et le petit piston 0^m32 de course; (on n'en construit pas dans ces dimensions, mais nous les adoptons pour rapporter notre calcul à celui qui

a été fait plus haut) et dont le grand cylindre aurait une capacité 4 fois $1/2$ plus grande ou de 724 décimètres cubes ou litres. Il faut calculer la longueur du petit cylindre de 0^m80 de diamètre qui aura 724 litres de capacité. Pour cela on calcule la section du petit cylindre $(0^m80)^2 \times 0^m785 = 0^m$ carré 50. On divise alors 0^m cube 724, par 0^m carré 50, et on obtient 1^m 44 environ pour la longueur du petit cylindre qui aura une capacité égale à celle du grand cylindre. On voit que 1^m 44 est positivement la longueur que nous avons trouvée plus haut pour la course du piston qui laissait détendre la vapeur de 4 fois $1/2$ son volume primitif. Ainsi le calcul devient alors exactement le même qu'avec un seul cylindre, et l'on obtient pour la force de la machine à deux cylindres, par la méthode abrégée, 9,081^{km}, mais comme le piston est obligé de chasser devant lui la faible tension de vapeur qui existe encore dans le condenseur, et que nous avons évaluée à 0^k 15 de pression environ par centimètre carré, il faut calculer l'effort que cette tension exerce en sens contraire sur le grand piston pendant toute sa course. Si le grand piston a 14,000 centimètres carrés dans l'exemple cité, la pression sera $14,000 \times 0^k 15 = 2100^k$ qui, multipliés par la course du grand piston 0^m40, donneront 840^m de travail; en les retranchant des 9081^{km}, il restera pour la force nette 8241^{km}.

428. *Effet utile des machines à vapeur.* Mais, lorsque l'on calcule ainsi la puissance théorique d'une machine à vapeur, l'on ne tient compte ni des pertes

de vapeur par les pistons, derrière lesquels est souvent le vide, ni des frottemens de toutes les pièces de la machine, et surtout celui des pistons contre les cylindres, qui est considérable, ni de la force nécessaire pour monter l'eau destinée à la condensation, etc., en un mot, on ne tient pas compte de toute la force dépensée inutilement en frottemens de toute espèce, et qui n'entre pour rien dans l'effet utile des machines.

Or, pour connaître exactement leur puissance, il faut calculer ces pertes de force et les retrancher du travail total de la vapeur. Le reste sera évidemment l'effet utile ou le produit net de la machine.

429. L'expérience et l'examen suivi des machines, réunis au calcul de ces frottemens, nous apprend que l'effet utile des principaux systèmes de machines à vapeur est au travail total de la vapeur à peu près dans les rapports suivans :

- | | |
|--|------------|
| 1° Machines à basse pression. A détente de dix à douze chevaux, l'effet utile est égal aux 55 centièmes du travail de la vapeur calculé comme on le fait plus haut; | soit 0, 55 |
| 2° Mêmes machines plus fortes, 60 centièmes | 0, 60 |
| 3° Mêmes machines plus faibles 50 centièmes | 0, 50 |
| 4° Machines de Woolf à deux cylindres de dix à douze chevaux : leur complication plus grande en augmente les pertes, l'effet utile est seulement de 45 centièmes du travail de la vapeur | 0, 45 |
| 5° Mêmes machines plus faibles | 0, 50 |
| 6° Mêmes machines plus fortes | 0, 50 |

Ainsi , pour avoir l'effet utile de la machine à basse pression dont nous venons de parler , il faudra multiplier le travail de la vapeur que nous avons trouvé égal à 1824^{km} par 0,60, parce que la machine est forte , et l'on trouvera qu'il est égal à $8241 \times 0,60 = 49446^{\text{km}}$.

Pour la machine à moyenne pression , on aura $8241 \times 05 = 4120^{\text{km}}$.

Ces nombres ne représentent pas l'effet utile des machines à vapeur d'une manière parfaitement exacte, parce que cet effet utile varie avec la construction et la conduite des machines. Mais ils serviront utilement pour constater à peu de choses près la force des machines que l'on emploie, et cette approximation est suffisante dans le service journalier des ateliers.

430. *Expression commune de la force des machines.*
Nous avons évalué la force de toutes les machines en une mesure constante de un kilogramme élevé à un mètre ou un kilogrammètre. C'est en effet une mesure rigoureuse, à laquelle on rapporte facilement tous les autres genres de travail. Mais il faut encore parler ici de la mesure généralement adoptée dans le calcul de la force des machines à vapeur, celle de cheval vapeur. Cette force était originairement égale à celle d'un fort cheval attelé au manège , et donnant pendant quelques instans un coup de collier. Aussi elle représente un travail qu'un cheval ne soutiendrait pas une heure de suite.

Les divers mécaniciens donnent des évaluations différentes de cette force de cheval vapeur; ils varient

depuis 60^m jusqu'à 90^k ou 90^k élevés à 1 mètre une seconde.

Quoi qu'il en soit, par suite du besoin que l'on a de s'arrêter à une base fixe et de partir du même point, on commence à adopter généralement le nombre 75^{km} pour la valeur du cheval vapeur qui sert d'unité routinière dans le calcul de la force des machines à vapeur, des roues hydrauliques et des divers moteurs.

Ainsi un moteur dont l'effet utile sera égal à 750^{km} aura la force de $\frac{750}{5}$ ou 10 chevaux vapeur.

La machine à basse pression dont nous avons parlé qui a une force de 4944^{lm} à $\frac{4944}{75}$ 65 chevaux environ, etc. En divisant l'effet utile évalué en kilogrammes élevés à un mètre, par le nombre 75^k, le quotient sera toujours le nombre de chevaux vapeur, qui représentera la force du moteur.

431. *Da frein dynamométrique de Prony.* Il nous reste à parler maintenant du procédé que l'on peut employer pour mesurer directement l'effet utile des divers moteurs. Nous le décrirons sans entrer dans aucun détail sur les principes qui en sont la base. Ce procédé s'applique avec autant de succès à tous les moteurs, roues hydrauliques, etc.

Supposons-le appliqué à une machine à vapeur de douze chevaux. On arme l'arbre du volant, dans un endroit réservé pour cette opération, d'une enveloppe cylindrique en bois de 0^m32 à 0^m40 (1 pied à 15 pouc.) de largeur, et de 0^m50 à 0^m60 de diamètre, et solidement fretté à chaud. S'il s'agissait de mesurer la force

d'une roue à eau montée sur arbre de bois , celui-ci serait très-convenable à l'opération sans y mettre d'armature. On ne peut éviter d'en ajouter une sur l'arbre de fonte d'une machine à vapeur , quand même il serait cylindrique et tourné , parce que son diamètre est si petit que , pour obtenir un frottement capable d'enlever le levier et le poids que l'on y applique , il faudrait un effort de serrage énorme , auquel les boulons du collier ne sauraient résister. On sentira mieux l'importance de cette observation après avoir lu la description de ce procédé.

Quand l'arbre *a* est ainsi couvert d'un cylindre de bois tourné (*Pl. 8 , fig. 11*) , on y ajuste un levier *b* fait avec une longue pièce de chêne , ou mieux de sapin de 7 à 8° d'équarrissage et de 5 à 4^m (9 à 12 pieds) de longueur ; ce levier est fixé sur l'arbre par un collier en fer forgé *c c* dont les deux bouts sont terminés en boulons , et serrés sur le levier par deux forts écrous *dd* , et des rondelles de fer destinées à empêcher les écrous de s'imprimer dans le bois.

A l'autre extrémité du levier on attache par un bout du crochet *i* un poids *f* ou un plateau de balance destiné à recevoir des poids.

Une cordelle légère *h* empêche le levier de s'enlever dans le cas où l'on serrerait trop fortement les écrous *dd* , et un petit tréteau *γ* l'empêchera de retomber si l'on venait à leur donner trop de jeu. On ne laisse ainsi au levier que peu de course libre , pour le maintenir toujours à peu près horizontal , et ne pas s'exposer à renverser par des secousses les poids pla-

cés sur le plateau de balance. Le levier est armé à l'endroit du collier d'une semelle en bois, qui embrasse l'arbre sur une largeur de 1 pied à 15 pouces, et pour que le frottement de ces deux morceaux de bois l'un sur l'autre ne les enflamme pas, on garnit la semelle d'une feuille de tôle, et de plus on les arrose d'eau froide pendant l'expérience.

432. Tout l'appareil étant ainsi disposé, on calcule d'avance le poids dont il faut charger le plateau de balance pour obtenir les douze chevaux de force au moment où, la machine étant à sa vitesse de règle de 27 coups par minute, le levier se maintiendra en équilibre et horizontal. Pour cela, nous dirons d'abord que l'effet utile de la machine essayée est égal au poids suspendu en i , multipliant la vitesse par seconde qu'aurait le point i , si le levier b était fixé invariablement sur l'arbre de la machine et tournait avec lui.

Ainsi, si le poids est égal à 80^k , et que le rayon du levier soit de 4^m , la circonférence décrite par le point i en tournant avec l'arbre, ou la circonférence, dont ie est le rayon, sera égale au double de $ie = 8^m$, multipliant $3,1416 = 25^m$. Comme la machine fait faire à l'arbre vingt-sept révolutions en une minute, le point i parcourra en une minute 27×25^m ou 675^m et en 1 seconde $\frac{675}{60} = 11^m20$. Si le poids est de 80^k , il est évident que l'effet utile de la machine sera égal à $80^k \times$ l'espace parcouru en une seconde $= 11^m20$, environ 900^{km} , divisant 900 par 75, on a 12 chevaux vapeur pour la force de la machine.

On fera attention que dans les 80^k qui forment le

poids d'épreuve suspendu au bout du levier, à 4^m du centre de l'arbre *a*, sont compris 1° le poids du plateau de balance; 2° le poids du levier au point *i*, c'est-à-dire le poids mesuré avec un peson ou un dynamomètre, qui soutiendrait en *i* le levier quand il est posé sur une pièce de bois étroite en *a* à l'endroit qui doit porter sur l'arbre. En un mot, le poids de 80^k représente tout le poids qu'enlève le frottement donné par le serrage des écrous.

433. Pour régler d'avance le poids, afin qu'il soit équivalent à la force de la machine, on refait, en commençant par la fin, le calcul que nous venons de faire plus haut. Les 12 chevaux à 75^{km} par cheval donnent 900^{km}. La vitesse du point de suspension *i* sera comme nous l'avons calculée de 11^m20 par seconde. Divisant 900^{km} par 11^m20, on trouve 80^k pour le poids total à mettre en *i*; on pèse alors le bout du levier, et le plateau de balance, s'il y en a un, et les supposant tous deux ensemble égaux à 40^k, il s'ensuit qu'il faudra seulement y ajouter 40^k pour compléter le poids de 80^k.

On place donc 40^k sur le plateau de balance, on met la machine à vapeur en mouvement à sa vitesse de régime. On serre alors les écrous jusqu'au moment où le frottement devient assez considérable pour que le levier soit enlevé, et soutenu en équilibre. A mesure que le frottement augmente, la machine se ralentit: il faut ouvrir un peu plus le robinet régulateur pour la maintenir à sa vitesse de 27 coups par minute. D'un autre côté, on règle le serrage des écrous de manière que le levier ne s'enlève pas par un serrage trop fort,

et ne retombe pas quand l'écrou n'est pas assez serré. Un ouvrier, avec une longue clef, parvient assez facilement à régler la marche de ce levier. Quand il est ainsi tenu en équilibre, c'est-à-dire que le frottement du collier sur l'arbre fait équilibre à la charge du levier, que nous avons vue égale à toute la charge de la machine à vapeur, et que celle-ci atteint sa vitesse de régime, on peut être certain qu'elle développe une quantité de travail réel égale à douze chevaux vapeur, avec la pression et l'ouverture du robinet sans laquelle elle travaille pendant l'essai, ou si c'est une roue hydraulique, avec la chute et l'ouverture de vanne prises au moment de l'expérience.

Il est à désirer que l'emploi de ce procédé, qui présente encore quelques difficultés, et demande quelques soins pour être utilisé avec succès, se répande dans tous les ateliers, car c'est jusqu'ici le seul moyen sûr et régulier de mesurer la force des moteurs.

OBSERVATIONS SUR LES ORDONNANCES ET INSTRUCTIONS RELATIVES AUX MACHINES A VAPEUR.

434. La question qui nous occupe ici, traitée avec soin et détails, ne manquerait ni d'importance ni d'intérêt; mais comme elle se rattache très-indirectement à notre sujet, nous ne dirons que ce qui peut être spécialement utile aux propriétaires

de machines à vapeur, et appeler leur attention sur le danger des mesures administratives, qui sont trop souvent provoquées par ceux-là mêmes auxquels elles nuisent le plus, parce qu'ils en ignorent et les principes et les conséquences.

Tous les jours, en effet, les citoyens appellent l'administration à intervenir dans des questions qui ne sont nullement de son ressort, qu'elle est incapable de juger, faute d'en connaître la nature et de pouvoir en apprécier toutes les circonstances, et où elle porte des idées fausses, de fausses mesures et de facheux résultats, quand elle y applique la pensée qui la guide toujours, celle d'organiser, de diriger, de régler, d'administrer tout à la fois, d'être, en un mot, la grande providence de l'industrie comme celle de toute la nation.

435. Les machines à vapeur, et par conséquent les ateliers qui les emploient, n'ont pas échappé long-temps à cette influence soi-disant protectrice. Dès que l'administration les a vus prendre un essor libre et se développer à travers quelques accidens inévitables, frappée seulement de ces accidens qui se sont multipliés nécessairement, à mesure que se multipliaient les machines à vapeur, elle a plié aussi cette industrie sous une ordonnance qui doit en écarter tous les dangers, et où le défaut de connaissance du sujet a semé de graves erreurs de détails, outre qu'elle est elle-même une erreur de principe.

La surveillance à exercer sur les machines à vapeur, surveillance, à laquelle il y a tant d'intérêts et de fa-

cilités à se soustraire, exigeait nécessairement l'introduction libre des agens du gouvernement dans les manufactures; quoique défendue par la loi, on l'a ordonnée, parce qu'on a senti que l'ordonnance était nulle si cette surveillance n'était pas fréquente, continue et très-active. Bien qu'une partie des industries qui emploient la vapeur n'aient rien à craindre de ces visites, il en est beaucoup où l'inspection d'un étranger, qui peut entrer chaque jour, et sans autorisation dans l'établissement, est une servitude dangereuse; car, dans les fabriques de draps et de toiles peintes, par exemple, dans les blanchisseries, dans les papeteries, les fabriques d'acide sulfurique même, etc., il est une foule de détails de pratique que l'on tient avec raison à ne pas exposer à tous les yeux; enfin il n'est pas un atelier où l'on ne voie d'un mauvais œil une surveillance étrangère, et où l'on n'y trouve des inconvéniens sérieux; en un mot, un atelier ne peut pas être ainsi ouvert à une inspection quelle qu'elle soit, et une loi seule pourrait l'ordonner. On ne dira pas que cette surveillance est rare, et que les visites doivent être annoncées; car, quoique la dernière ordonnance en particulier, qui généralise la mesure pour toutes les chaudières à vapeur, ne parle pas d'inspection régulière, il n'en est pas moins vrai qu'en défendant de dépasser dans chaque chaudière un certain degré de pression, elle admet nécessairement un moyen de s'assurer si cette défense n'est pas violée; et ce moyen est une inspection.

Sans doute les inspecteurs chargés de cette sur-

veillance y mettent beaucoup de délicatesse et de réserve, mais alors le but de l'ordonnance n'est pas atteint et la surveillance n'est pas efficace. C'est là une des difficultés les plus graves, une des impossibilités de la plupart des mesures de ce genre. Inconvénients et dangers si elles sont exécutées, inutilité si elles ne le sont pas; nous dirons plus, impuissance même quand elles le sont. C'est ce que l'on sentira mieux tout à l'heure.

436. Le but de l'ordonnance, en effet, est de prévenir les explosions. Or ici se présentent deux observations.

Les explosions paraissent dues à deux causes principales :

1^{re}. L'excès de tension de la vapeur dans la chaudière, qui devient incapable de résister à ce grand effort et se brise.

2^{re}. Le défaut d'alimentation de la chaudière, par suite duquel le niveau de l'eau baisse alors. Quelques-unes des parties rougissent, et lorsqu'un bouillonnement subit, ou le rétablissement de l'alimentation, jettent tout à coup de l'eau sur cette fonte chauffée au rouge, la masse de vapeur qui se développe tout à coup ne peut s'échapper à la fois par les tuyaux ordinaires, et il s'ensuit une explosion.

C'est ce qui résulte, avec un assez grand degré de certitude, des faits réunis par M. Arago, et publiés dans l'*Annuaire du bureau des Longitudes*.

437. Or, de ces deux causes d'explosion, la seconde est à peu près hors du domaine de l'ordonnance, car, à moins que la partie de la chaudière qui vient à rougir

ne se trouve au-dessous de l'une des rondelles fusibles, et n'ouvre ainsi tout à coup une issue à la vapeur, les mesures prescrites ne peuvent prévenir l'accident. Il pourrait arriver encore qu'au moment où la rondelle fondue ouvre le passage, il se produisit tout à coup un large développement de vapeur, qui ferait bouillonner l'eau jusque sur la partie rougie de la chaudière, et occasionerait une explosion.

Ainsi sous ce rapport, les mesures de sûreté prescrites n'ont aucune utilité, excepté les rondelles fusibles, qui ne doivent pas cependant donner une sécurité entière, et, sous le rapport de la haute pression qui se développe quelquefois, il n'y a pas lieu de douter aujourd'hui que l'essai à la presse hydraulique, qui n'est pas concluant, puisqu'il se fait à froid, ne fatigue les chaudières en les mettant à une épreuve trop forte; en outre, la défense de porter la vapeur à une pression supérieure à celle pour laquelle la chaudière est timbrée est complètement inexécutable; car, bien qu'une machine doive toujours travailler à une pression réglée, il n'en est pas moins vrai que, lorsqu'elle devient un peu plus lourde, soit à cause de l'air qu'elle prend, soit par toute autre raison, il faut nécessairement pousser la vapeur à un degré plus haut: au moins jusqu'au moment où l'on pourra sans entraver le travail des ateliers, réparer la machine.

437. Mais c'est surtout lorsque l'on est obligé d'arrêter subitement la machine au milieu de son travail, pour une réparation légère, comme le nettoyage des sou-

papes de la pompe alimentaire , que la vapeur monte tout à coup à une tension très-grande si le chauffeur n'a pas la précaution de reculer le poids des soupapes de sûreté, pour laisser la tension se régler, et tout l'excédant de vapeur s'échapper au-dehors. Cet effet est inévitable, si, comme on le voit souvent, le nettoyage ou la réparation, que l'on avait cru terminer en quelques minutes, dure une demi-heure, sans parler des autres cas qui se peuvent présenter. Cette circonstance suffit pour que la pression de la vapeur monte tout à coup très-haut. Observons que les rondelles fusibles, qui du reste préviennent parfaitement tout excès de pression, présentent cet inconvénient; qu'en arrêtant ainsi un moment, la vapeur prend quelquefois deux et trois atmosphères de pression de plus, et la rondelle se fond, parce qu'elle est réglée pour se fondre à un excès de température de 40° correspondant dans cette limite à une atmosphère. Or c'est un inconvénient si grave d'être exposé à voir fondre la rondelle, toute la vapeur se perdre dès que l'on arrête un moment, et à se trouver arrêté pour quelques heures, que l'on a, dans beaucoup d'endroits, placé une feuille de tôle sous la rondelle fusible, pour éviter les pertes de temps qui en sont la suite et par conséquent détruisent tout son effet.

439. D'un autre côté, les mesures prescrites pour les soupapes sont illusoires. A quoi bon renfermer une des soupapes sous une grille? Pour empêcher le chauffeur de les surcharger. Mais qui l'empêchera de les fixer invariablement avec un bâton ou un bar-

reau de fer, qu'il passera à travers le grillage de la botte : et d'ailleurs, en l'enfermant ainsi, il ne pourra pas la décharger en partie, afin d'arrêter toute augmentation de pression quand il arrête la machine un instant ; ainsi cette mesure est inutile et même dangereuse.

440. La dernière ordonnance du 27 mai 1820 est aussi peu conséquente, et peut-être plus contraire encore à toute connaissance raisonnée des machines, que les premières. Nous reconnaissons, il est vrai, qu'il y a autant de danger d'explosion avec les chaudières à basse pression qu'avec les chaudières à moyenne et à haute pression ; mais les limites que l'on a fixées à la tension de vapeur permise dans chaque cas sont beaucoup trop resserrées, et elles le sont tellement, que l'on peut affirmer d'avance qu'elles ne seront pas exécutées. Les soupapes doivent être réglées exactement pour la tension à laquelle travaille la machine ; or une soupape ainsi réglée laissera toujours échapper beaucoup de vapeur. Il leur faut nécessairement une charge plus forte que celle à laquelle elles doivent se soulever. Ainsi une soupape réglée pour se soulever à 5 ou 6 atmosphères laissera toujours échapper la valeur à 3 ou 4 atmosphères si elle est bien nettoyée et bien rodée, et à 1 ou 2 atmosphères si elle n'est pas bien tenue. Cette condition est donc inexécutable.

441. Il en est de même du degré de fusibilité de la rondelle fusible, qui ne laisse ici aucune marge, puisque, pour des machines travaillant avec de la vapeur à

2 atmosphères ou à 122° , elles doivent être fusibles à 127° . Il faudrait au moins 15° de marge.

442. Le manomètre coupé à la hauteur de règle de 2 atmosphères perdra constamment son mercure, et laissera à tout moment échapper de la vapeur; il y faut aussi de la marge. L'examen de la détérioration des machines est à peu près impraticable; la brûlure seule des bouilleurs de tôle ou de cuivre se peut découvrir. Quant aux chaudières de fonte, elles cassent sans se brûler, et il en est presque toujours de même des bouilleurs de fonte. Relativement aux essais prescrits, ils peuvent fatiguer les chaudières, et y déterminer des accidents qui ne se développeront que plus tard, parce que la pression de 15 atmosphères est énorme et ne s'obtient jamais avec la vapeur : de plus ils ont le grand défaut d'occasioner des frais inutiles, de forcer le constructeur à donner aux bouilleurs, et aux chaudières plus d'épaisseur, pour assurer leur garantie lors de l'essai, tandis que cet excès d'épaisseur, loin d'être utile au travail de la chaudière, lui nuit beaucoup, et parce qu'il rend le chauffage plus difficile et plus lent, et parce qu'il expose les bouilleurs à se briser plus souvent que s'ils étaient plus minces. En même temps ces essais prennent beaucoup de temps, et occasionent des retards qui pourraient être souvent très-fâcheux pour un manufacturier, dont les ateliers seraient tout à coup arrêtés par la fracture subite de ses deux bouilleurs.

443. Ainsi toutes ces raisons se réunissent pour rendre les mesures prescrites par les ordonnances aussi

génantes qu'illusoires. Les rondelles fusibles seules peuvent prévenir une partie des accidens, mais on n'a pas donné à beaucoup près assez de marge à la tension de la vapeur. Quant à toutes les autres conditions imposées, il n'y en pas une qui soit juste et raisonnable, toutes sont inutiles.

444. La question de sûreté des machines à vapeur, est tout entière dans les soins qu'on leur donne et la surveillance qu'on y exerce ! C'est là seulement qu'on trouvera le moyen de prévenir les accidens. Que les manufacturiers ne confient leurs machines qu'à des ouvriers intelligens intruits, soigneux : et qu'ils les paient assez pour pouvoir exiger ces qualités; qu'ils les intéressent à la bonne marche de la machine, en faisant reposer de manière ou d'autre sur cette condition une partie de leur traitement; ou qu'au moins ils exercent la surveillance la plus active, qu'ils ne souffrent ni le feu couvert la nuit, quand on arrête, ni les soupapes sales et surchargées, ni les chaudières et bouilleurs trop encrassés, ni le mauvais état de la pompe alimentaire; qu'ils ne laissent pas leurs chauffeurs s'en rapporter à des outils trop faciles à déranger pour régler et cette alimentation et la marche du registre de la cheminée, etc., ni une trop haute et inutile pression de la vapeur; et ils se mettront ainsi à l'abri des accidens qui ne sont aucunement prévus par les ordonnances.

445. En même temps il n'y a qu'un moyen de développer cette surveillance chez les manufacturiers : c'est de faire là, comme on fait dans toute autre ques-

tion, de punir celui qui a manqué, et d'autant plus sérieusement, que la négligence et les accidens qui en sont résultats ont été plus graves. Ce délit est du même genre que tout autre délit. Il ne faut pas punir d'avance, ni réglementer pour l'empêcher. Il faut frapper celui qui le commet. Pourquoi ne ferait-on pas une enquête à la suite d'une explosion, pour savoir quelle en est la cause, et sur qui on doit faire tomber la responsabilité. Pourquoi ne voudrait-on pas rendre le manufacturier responsable en cela des fautes de son chauffeur ? Pourquoi l'enquête ne constaterait-elle pas le degré de négligence apporté dans la surveillance ou la conduite de la machine ? Et pourquoi, s'il est prouvé que le propriétaire a négligé les précautions et soins nécessaires, et forcé la marche de sa machine, pour en tirer un trop grand parti, surchargé les soupapes, etc., pourquoi une forte indemnité au profit de ceux qui ont souffert de l'explosion, et une peine personnelle au besoin, ne le punirait-elle pas de sa coupable négligence ?

446. Dans cette route on trouverait toutes les garanties de sécurité que l'on peut désirer, puisque l'on provoquerait par l'intérêt personnel, la surveillance journalière, constante et éclairée du propriétaire ; tandis qu'aujourd'hui, après avoir satisfait à quelques vaines formalités et quelque'inutiles conditions, il serait en sûreté et garanti contre tout accident et toute poursuite, et il négligerait une surveillance indispensable. Le soin des machines est donc en définitive alors confié à des inspecteurs étrangers, à qui l'entrée

des ateliers peut être légalement refusée, et qui, par délicatesse même, s'abstiennent souvent d'exécuter cette surveillance.

Toute autre marche est fausse, inefficace, dangereuse et vexatoire. Celle-ci seule est directe, active, utile et juste. Elle atteint parfaitement le but sans difficulté, sans aucun frais et sans perte de temps. Et c'est celle à laquelle il faudra tôt ou tard revenir.

L'instruction destinée à être affichée dans la chambre des machines à vapeur donne également lieu à quelques observations, que nous y ajouterons sous forme de notes. Nous croyons utile de l'insérer dans cet ouvrage, quoiqu'incomplète : on la trouvera à la fin du volume.

CINQUIÈME PARTIE.

APPENDICE.

THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DES VAPEURS.

Nous avons promis de compléter les notions sur les machines à vapeur, que nous offrons aux manufacturiers, par un court exposé de la théorie des vapeurs et des lois auxquelles elles sont soumises : il devient nécessaire aujourd'hui de connaître parfaitement les outils que l'on emploie, et de se rendre un compte exact de leur action. Les chauffeurs y puiseront aussi une connaissance plus complète de la vapeur qu'ils mettent en œuvre chaque jour, et ils concevront plus facilement la marche régulière et en même temps les diverses maladies des machines à vapeur.

Nous n'avons pas cru pouvoir mieux faire, que, d'adopter la notice succincte mise par M. Péclot en tête de l'histoire descriptive de la machine à vapeur par Stuart. Nous n'aurions pu espérer de mieux resserrer, dans un cadre aussi étroit, tous les principes de la théorie des vapeurs.

Nous n'avons par le projet de donner ici une théorie complète des vapeurs : notre but est seulement d'en tracer les principales propriétés, de manière à rendre intelligible pour tous les lecteurs l'histoire des

machines à vapeur. Ainsi nous nous bornerons le plus souvent à énoncer le résultat des observations faites, sans décrire la manière de les faire: ce ne serait qu'autant que le mode d'observation n'exigerait que peu de détails que nous nous permettrions de les développer.

Nous examinerons successivement la formation des vapeurs en général, dans le vide, dans les gaz, l'absorption de chaleur produite par la vaporisation, et le retour des vapeurs à l'état liquide.

Formation des vapeurs.

Lorsque des liquides se trouvent exposés à l'air, ou dans un espace vide, qu'ils sont soumis à l'action d'un foyer de chaleur, ou abandonnés à la température ordinaire; ils se dissipent sous la forme de gaz invisibles, qu'on a désignés sous le nom de vapeurs.

Les vapeurs d'un même liquide qui se forment dans ces diverses circonstances ne diffèrent que par leurs forces élastiques. Ainsi les vapeurs qui se produisent lentement par la dessiccation des matières humides sont de même nature que celles qui se dégagent tumultueusement pendant l'ébullition. Cependant, dans le premier cas, les vapeurs sont invisibles; et dans le second elles apparaissent sous la forme de brouillard. Mais cette différence d'aspect n'existe point réellement à l'instant de leur émission, car les vapeurs formées par l'action de la chaleur ne deviennent visibles que parce qu'elles se condensent, du moins en partie, par leur contact avec l'air froid.

Formation des vapeurs dans un espace vide.

Prenons un tube de 30 à 40 pouces de hauteur, fermé par une extrémité et ouvert par l'autre; remplissons ce tube de mercure, et après l'avoir fermé avec le doigt, renversons-le dans une cuvette pleine du même métal: ce sera un véritable baromètre, et le mercure se maintiendra dans le tube à une hauteur d'environ 28 pouces, ou 0^m,76 au-dessus du niveau du mercure dans la cuvette; la portion de la capacité du tube situé au-dessus du mercure, qu'on nomme chambre du baromètre, sera complètement vide. Si après cela on introduit une certaine quantité de liquide au-dessous du tube, il montera à travers le mercure et arrivera bientôt dans la chambre barométrique.

On observe alors 1° qu'à l'instant précis où le liquide arrive au-dessus du mercure, ce métal descend d'une certaine quantité con-

stante pour le même liquide et la même température, quelle que soit d'ailleurs l'étendue de la chambre barométrique et la quantité du liquide introduit, pourvu que cette quantité soit en excès; 2° qu'en enfonçant le tube dans la cuvette, ce qui tend à diminuer l'étendue de la chambre, et par conséquent à comprimer la vapeur qui s'est formée; une partie de celle-ci se condense, et l'abaissement du mercure reste constant; 3° que, si on relève le baromètre, opération qui augmente l'étendue de la chambre barométrique, et qui par conséquent tend à dilater la vapeur, la dépression du mercure reste encore la même; 4° que, si on n'avait pas introduit un excès de liquide à mesure que l'on augmentait l'étendue de l'espace dans lequel la vapeur s'est formée, elle se dilaterait comme un gaz, et l'abaissement du mercure serait en raison inverse du volume ou proportionnel à la densité de la vapeur.

Il résulte de ces observations qu'un liquide en contact avec un espace vide émet instantanément toute la vapeur qui peut se former; que la quantité de cette vapeur est proportionnelle à l'étendue de l'espace vide; que sa forme élastique est indépendante de la plus ou moins grande étendue de l'espace dans lequel elle se développe; que la vapeur sur un excès de liquide n'augmente ni ne diminue de force élastique par la diminution ou l'augmentation de l'espace qu'elle occupe; dans le premier cas, une partie de la vapeur retourne à l'état liquide; dans le second, le liquide en excès fournit de nouvelles vapeurs.

Mais, si l'espace vide n'est point saturé, et n'est point par conséquent en présence d'un excès de liquide, à mesure qu'on augmentera cet espace, la vapeur se dilatera, et sa force élastique suivra la loi de sa densité. Si au contraire on diminue cet espace, la vapeur se comprime et augmente de densité et de force élastique; mais cet effet n'a pas lieu indéfiniment, car lorsque la vapeur a acquis la densité et par conséquent la tension de celle qui se serait formée sur un excès de liquide, ou, en d'autres termes, lorsque l'espace est saturé, une plus grande compression forcerait une partie de la vapeur à se liquéfier, et la pression resterait constante. En résumé, les vapeurs dans le vide sur un excès de liquide ne peuvent ni se comprimer ni se dilater; les vapeurs non saturées peuvent se dilater indéfiniment, mais ne peuvent se comprimer que jusqu'à la saturation de l'espace; et ces dilatations et ces condensations suivent les mêmes lois que celles des gaz; c'est-à-dire que les pressions correspondantes sont en raison inverse du volume occupé par la vapeur.

Examinons maintenant quelle est l'influence de la température sur l'émission des vapeurs dans le vide. Pour cela, on peut encore se servir de l'appareil que nous avons décrit, en enveloppant le baromètre d'un tube de verre que l'on remplirait d'eau à différentes températures. On a reconnu ainsi que les vapeurs se dilataient, et que leur force élastique croissait avec la température et de la même manière que pour les gaz, lorsqu'il n'y avait pas un excès de liquide. Or, d'après les belles expériences de M. Gay-Lussac, la dilatation d'un gaz est de 0,00375 de son volume à la température de zéro pour chaque degré du thermomètre centigrade: par conséquent cette loi est exactement applicable aux vapeurs non saturées. Mais si la vapeur se trouve en contact avec un excès de liquide, la force élastique croît avec une bien plus grande rapidité, par exemple, la force élastique de la vapeur d'eau, dans cette circonstance, croît de zéro à 400° dans le rapport de 4 à 460, tandis que dans les mêmes limites la vapeur non saturée n'augmenterait de tension, comme nous venons de le dire, que dans le rapport de 4 à 4,375.

Dalton, savant physicien de Manchester, à qui on doit tout ce que nous venons de dire sur les vapeurs, a reconnu que la force élastique de la vapeur saturée à une température parfaitement égale à celle de l'ébullition du liquide dans l'air, abaissait le mercure du baromètre au niveau du mercure dans la cuvette; ce qui indique qu'à cette température la tension de la vapeur est égale à celle de l'atmosphère. D'après cela, nous pouvons définir l'ébullition la température à laquelle la force élastique de la vapeur fait équilibre à la pression atmosphérique.

Le même physicien a cherché suivant quelle loi les forces élastiques des vapeurs saturées croissent avec la température. En faisant varier cette température jusqu'à celle où la force élastique des vapeurs était égale au poids de l'atmosphère; il a trouvé cette loi; remarquable: tous les liquides forment des vapeurs qui ont la même force élastique à des températures également éloignées de celles de leur ébullition. Par exemple, l'eau bout à 100°, l'alcool à 78°. A ces températures, les forces élastiques de leurs vapeurs sont égales entre elles et à la pression atmosphérique, comme nous avons vu plus haut; et en vertu de la loi de Dalton, la force élastique de la vapeur d'eau à 90° est égale à celle de l'alcool à 68°, etc. On voit d'après cela que la force élastique des vapeurs émises par différents liquides à la température ordinaire est

d'autant plus faible que ces liquides entrent en ébullition à une température plus élevée. Ainsi le mercure, qui bout à 400°, donne à zéro des vapeurs dont la tension est égale à celle de la vapeur d'eau à 300° au-dessus de zéro.

Il résulte de la loi que nous venons d'énoncer que, pour connaître les forces élastiques des vapeurs formées par les liquides, il suffit d'avoir 1° une table qui donne les forces élastiques des vapeurs fournies par un seul liquide pour chaque degré du thermomètre, 2° une table qui fasse connaître la température à laquelle les autres liquides entrent en ébullition.

Nous devons cependant dire que la loi de Dalton n'est point rigoureusement exacte : des expériences récentes, faites par plusieurs habiles physiciens, ne laissent aucun doute à cet égard ; mais on peut la regarder comme une approximation presque toujours suffisante.

Formation des vapeurs dans les gaz.

Pour observer les mélanges des vapeurs dans les gaz, on se sert d'un grand ballon de verre dans lequel se trouve un baromètre, un tuyau à robinet pour y faire le vide et introduire le gaz sur lequel on veut opérer, et un petit entonnoir, garni d'un robinet, dont la clef renferme une petite cavité destinée à introduire dans le ballon le liquide qui doit fournir les vapeurs, sans cependant faire communiquer sa capacité intérieure avec l'air. Cet appareil porte le nom de manomètre ; on le place dans un bain à la température convenable.

Dalton a reconnu par ce procédé 1° que les vapeurs qui se développent dans les gaz ne satureront pas instantanément l'espace occupé par le gaz, car il s'écoule un certain temps entre l'instant où le liquide est introduit et celui où le baromètre, devenant stationnaire, indique qu'il ne se forme plus de vapeurs ; 2° que la force élastique d'un mélange de gaz et de vapeurs est égale à la force élastique du gaz, plus celle de la vapeur qui se développerait dans le vide à la même température ; 3° que la quantité des vapeurs qui se forme dans un gaz est égale à celle qui se formerait dans une espace vide à la même température.

Il en résulte que les vapeurs se développent dans les gaz comme dans le vide, seulement les gaz opposent à la vaporisation un obstacle mécanique qui la retarde ; que les vapeurs qui pénètrent les gaz ne sup-

portent point la pression à laquelle est soumis le gaz dans lequel elles sont disséminées; du moins cette pression ne les fait point repasser à l'état liquide, comme elle le ferait si les vapeurs étaient dans un espace vide; enfin que la vapeur se loge dans les gaz comme dans un espace vide de même volume et à la même température.

Densité des vapeurs.

La connaissance de la densité des vapeurs est d'une très-haute importance dans les arts. Mais cette recherche présentait de grandes difficultés; M. Gay-Lussac a résolu le problème d'une manière fort ingénieuse en le renversant. Il s'est proposé de déterminer le volume des vapeurs que pouvait produire, à la température de son ébullition, un volume donné de liquide. Nous ne décrirons point les procédés employés par ce célèbre physicien; nous nous contenterons d'indiquer les résultats auxquels il est parvenu pour la vapeur d'eau.

M. Gay-Lussac a trouvé qu'un centimètre cube d'eau pure produit 1,6964 (1696 centimètres cubes) de vapeur à 100 degrés, et sous la pression ordinaire de l'atmosphère, c'est-à-dire 28 pouces de mercure, ou 0^m76. Ainsi la densité de la vapeur d'eau est à celle de l'eau comme 1 est à 1696; et comme un litre d'eau pèse 1000 grammes, 1 litre de vapeur pèse $\frac{1000}{1696}$ g ou $\frac{1}{1.696}$ g. On peut facilement, d'après ce résultat, comparer le poids de la vapeur à celui de l'air: car on sait qu'un litre d'air sous la pression ordinaire et à la température de 100° pèse $\frac{1.293}{1.013}$ g. Le poids de la vapeur est donc à celui de l'air comme 1,0377 est à 1,6964, ou à peu près comme 10 est à 16. Quant à la densité des vapeurs qui se forment sous des pressions plus grandes que celles de l'atmosphère; et par conséquent à des températures supérieures à 100°, il paraît qu'elles sont proportionnelles à leur force élastique.

Influence de la pression sur la température de l'ébullition.

Nous avons dit que la température de l'ébullition était celle à laquelle la force élastique des vapeurs qui se formaient pouvait soulever le poids de l'atmosphère. Il résulte de là que la température à laquelle ce phénomène se manifeste dépend de l'état du baromètre. Mais comme les variations de pression dans un même lieu sont très-peu considérables, elles n'ont qu'une très-faible influence sur la température de l'ébullition des liquides: ce n'est qu'autant qu'on s'élève à de très-grandes

hauteurs au-dessus de la terre que l'on obtient des variations sensibles. Mais on peut artificiellement faire varier la force élastique de l'air qui presse sur un liquide renfermé dans un vase ; et comme ces variations peuvent avoir lieu dans des limites fort étendues , on fait naître l'ébullition à des températures fort éloignées. Par exemple , si , au moyen d'une machine pneumatique , on raréfie l'air situé dans un vase qui renferme de l'eau , cette dernière pourra entrer en ébullition au-dessous de 30°. L'alcool , l'éther , entreront en ébullition à la température ordinaire. Si , au contraire , on augmente la température de l'air situé au-dessus d'un liquide , en le comprimant avec une pompe foulante , l'ébullition ne pourra s'établir qu'à une température supérieure à celle de l'ébullition dans l'atmosphère. On peut parvenir à ce dernier résultat par un moyen beaucoup plus simple. En effet , si on soumet à l'action de la chaleur un vase hermétiquement fermé , renfermant une certaine quantité de liquide , les vapeurs qui se formeront à mesure que le liquide s'échauffera s'accumuleront au-dessus du liquide , et y formeront une atmosphère artificielle , dont la pression , toujours croissante à mesure que la température s'élèvera , empêchera l'ébullition de se manifester. Si l'on voulait que l'ébullition se produisît à une température déterminée , il suffirait de pratiquer à la surface supérieure du vase une ouverture que l'on fermerait avec une plaque chargée d'un poids équivalent à la pression que la vapeur exercerait contre cette portion de la paroi à la température que l'on ne voudrait pas dépasser : car une fois que l'on aurait atteint cette limite , la vapeur soulèverait la soupape , et son écoulement deviendrait continu. On obtiendrait alors l'ébullition à une température d'autant plus élevée que la charge de la soupape serait plus considérable.

Si le vase était complètement fermé , quelle que fût d'ailleurs sa résistance , la température s'élèverait infailliblement à un point tel , que le vase ne pourrait pas résister à la force élastique de la vapeur ; il serait brisé avec explosion , et ses fragmens seraient lancés au loin avec une grande force. On voit , d'après cela , combien il est important de garnir de soupapes de sûreté les chaudières à vapeur.

Nous avons dit que , quand on échauffait un liquide renfermé dans un vase clos , la vapeur qui s'accumulait retardait continuellement l'ébullition ; mais ce retard n'a lieu que jusqu'à une certaine température , à laquelle toute la masse se transforme en vapeur. Ce fait remarquable a été constaté par M. Cagnard de la Tour. Les expériences ont eu

lieu dans des tubes de verres fermés à la lampe d'émailleur. Ce physicien a reconnu, par une série d'expériences faites avec beaucoup de soin, 1° que l'éther se vaporisait complètement, en vase clos, à une température de 450°, dans un espace moindre que le double de son volume, et produisait une pression de 70 atmosphères; 2° que le sulfure de carbone se vaporisait à 240°, en produisant une pression de 37 atmosphères; 3° que l'alcool et l'eau présentaient les mêmes phénomènes. La température du changement d'état n'a point été déterminée; mais le premier de ces liquides produisait une pression de 449 atmosphères, en se vaporisant dans un espace à peu près de trois fois plus grand; et le second a presque toujours brisé les tubes dans lesquels il a été vaporisé, de sorte qu'il a été impossible de mesurer la pression que la vaporisation complète de l'eau a produite.

Dans ce qui précède nous avons examiné la formation des vapeurs dans toutes les circonstances; mais nous n'avons point eu égard à la quantité de chaleur absorbée. Comme c'est un objet important, surtout dans l'emploi de la vapeur comme force motrice, nous entrerons à cet égard dans tous les détails nécessaires.

Absorption de chaleur par la vaporisation.

Lorsqu'un liquide est abandonné à l'air, sa vaporisation lente est uniquement due à la tension du liquide, et la quantité de vapeurs formée dépend à la fois de la température du liquide, de celle de l'air et de la quantité de vapeurs déjà existante dans l'air. Si l'air est saturé de vapeurs, et si sa température est égale à celle du liquide, l'évaporation n'a point lieu; mais dans toute autre circonstance elle se manifeste avec plus ou moins d'activité, et comme la vapeur n'est autre chose que de l'eau dissoute dans le calorique, la vaporisation ne peut se faire qu'autant que le liquide lui-même, les corps environnans et l'air fournissent la chaleur nécessaire; et par conséquent leur température doit s'abaisser continuellement. Un grand nombre d'expériences viennent à l'appui de cette conséquence. Lorsqu'on met sur la main un liquide très-volatil, on éprouve une sensation de froid très-marquée. Lorsqu'on environne la boule d'un thermomètre d'une petite éponge ou d'amadou imbibé d'un liquide volatil, le thermomètre descend d'un grand nombre de degrés; le refroidissement serait encore bien plus considérable si l'instrument était placé sous le récipient d'une ma-

chine pneumatique d'où l'on absorberait continuellement les vapeurs, parce que dans le même temps il s'en formerait une bien plus grande quantité ; on obtiendrait le même effet en plaçant le thermomètre dans un courant d'air, ou en le fixant à l'extrémité d'une ficelle que l'on ferait tourner rapidement. Le procédé usité en Égypte et en Espagne pour rafraîchir l'eau est fondé sur le même principe : on emploie des vases poreux , à travers lesquels l'eau s'écoule lentement , et présente à l'extrémité une grande surface humide qui facilite son évaporation aux dépens de la température du vase et de l'eau qu'il renferme. On obtient le même résultat en exposant à l'air des vases métalliques pleins d'eau et recouverts de linges mouillés. Le refroidissement serait encore beaucoup plus rapide en plaçant les vases dans un courant d'air, ou en les attachant à une machine qui se meut avec rapidité , comme l'aile d'un moulin à vent. Nous terminerons l'énumération des faits qui constatent l'absorption de chaleur due à l'évaporation , en rapportant la belle expérience de M. Leslie, dans laquelle ce célèbre physicien est parvenu à congeler l'eau par le refroidissement provenant de l'évaporation spontanée. L'appareil de M. Leslie consiste en une large capsule de verre ou de porcelaine remplie d'acide sulfurique concentré ; au-dessus se trouve une capsule métallique très-platte , pleine d'eau et soutenue par trois pieds qui s'appuient contre les bords de la capsule pleine d'acide ; l'appareil est placé sous le réceptif d'une bonne machine pneumatique dans lequel on fait le vide ; l'acide sulfurique, ayant une très-grande affinité pour l'eau , s'empare de la vapeur à mesure qu'elle se forme, de sorte que, l'émission de vapeur étant presque aussi rapide que si l'espace vide était indéfini, dans un temps très-court l'abaissement de température de l'eau est suffisant pour la congeler. M. Gay-Lussac est même parvenu par ce moyen à congeler le mercure, en entourant d'un mélange frigorifique l'appareil dans lequel la vapeur aqueuse était produite et absorbée.

Lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur un liquide renfermé dans un vase ouvert, le liquide s'échauffe, émet une quantité de vapeurs qui croît à mesure que la température augmente ; cette vapeur ne se forme plus alors que par la chaleur émanée du foyer. Si cette quantité de chaleur est suffisante, le liquide arrive bientôt à la température d'ébullition, et alors sa température reste constante jusqu'à ce que tout le liquide soit vaporisé. Ainsi à cette époque toute la chaleur envoyée par le foyer est employée à former de la vapeur.

Mais si le foyer est très-petit, relativement à la masse liquide; et à sa surface libre, le liquide n'arrive point à l'ébullition; sa température reste stationnaire à une température inférieure. Ce fait, que l'on a souvent l'occasion de reconnaître, provient de ce que l'évaporation qui se fait continuellement à la surface du liquide; à mesure qu'il s'échauffe, est proportionnelle à la surface libre du liquide et à sa température; or cette évaporation enlève du liquide une quantité croissante de chaleur: par conséquent, on conçoit facilement que, si la surface libre du liquide est très-grande, relativement à la quantité de combustible qui se brûle dans le foyer, il arrivera une époque à laquelle la quantité de chaleur emportée par l'évaporation sera égale à celle qui est reçue par le foyer; à cet instant la température de l'eau ne pourra plus augmenter, et cette température pourra être plus ou moins au-dessous de celle de l'ébullition.

Lorsqu'en soumet à l'action de la chaleur un liquide renfermé dans un vase clos, d'où la vapeur ne peut s'échapper qu'en soulevant une soupape pressée par un certain poids, l'eau s'échauffe au-delà du terme de son ébullition dans l'air; et lorsque la force élastique de la vapeur peut supporter le poids de l'atmosphère, plus celui de la soupape, l'ébullition se développe et la température de l'eau reste stationnaire. Mais il est plusieurs circonstances dans lesquelles elle peut s'élever encore. Si, par exemple, on active davantage le feu et que l'issue donnée à la vapeur ne soit pas suffisante, cette augmentation de vitesse qu'elle doit acquérir exigera une augmentation correspondante dans la pression de la vapeur qui est au-dessus du liquide, et par conséquent une élévation dans la température du liquide. Le même effet peut être produit sans que le foyer soit augmenté, si la vapeur ne peut pas se dégager en proportion de sa formation: l'excès de vapeur reste dans l'appareil, et sa force élastique augmente continuellement.

Dans toutes ces diverses circonstances d'évaporation par la chaleur, nous avons dit que la chaleur nécessaire à la production des vapeurs était uniquement fournie par le combustible. Des expériences multipliées ont démontré que la quantité de chaleur nécessaire pour évaporer le même poids de liquide était exactement la même, à quelque température que fût le liquide. Ainsi il faut la même quantité de chaleur pour réduire 1 k. d'eau en vapeur, soit par une évaporation lente, soit à la température de l'ébullition; soit dans un vase clos dont l'ouverture de dégagement est fermée par un poids quelconque; et, comme un même combustible en brûlant ne peut dégager qu'une quantité limi-

ité de chaleur, il s'ensuit qu'il faut toujours la même quantité de combustible pour évaporer le même poids d'un liquide, quel que soit d'ailleurs la température à laquelle la vaporisation ait lieu.

La quantité de vapeurs formées dans un temps donné ne dépend pas uniquement de celle du combustible brûlé dans le foyer ; il faut encore que la surface de la chaudière qui reçoit l'action du feu soit proportionnée à la quantité de chaleur qu'elle doit transmettre au liquide ; car la quantité de chaleur qui passe à travers les parois de la chaudière est proportionnelle à sa surface. On a trouvé, par expérience, qu'un mètre carré de cuivre exposé à l'action d'un foyer le plus violent pouvait, dans une heure, transmettre une quantité de chaleur capable de réduire en vapeur 400 k. d'eau ; mais, dans la pratique, on compte de 20 à 30 k. de vapeur formée par mètre carré de surface de chaudière, et une consommation correspondante de 6 à 7 k. de combustible ; si on en brûlait davantage, une grande partie de la chaleur développée par cet excédant de combustible ne passerait pas dans l'eau.

Ainsi, la quantité de chaleur absorbée par la vaporisation d'un même poids d'eau est constante. On a trouvé qu'elle était égale à celle qui serait nécessaire pour élever de la température de la glace fondante à celle de l'ébullition six fois et demie le même poids d'eau, c'est-à-dire que la chaleur nécessaire pour évaporer 4 k. d'eau élèverait 6 k., 5 d'eau de 0° à 400°.

Tels sont les phénomènes les plus importants que présente le développement des vapeurs dans les diverses circonstances où elles peuvent se former. Examinons maintenant le retour des vapeurs à l'état liquide, qu'on désigne ordinairement sous le nom de condensation.

Condensation des vapeurs.

Lorsqu'un espace ne renfermant point d'air est rempli de vapeurs saturées, cette vapeur exerce contre toutes les parois de cet espace une pression égale à sa force élastique. Cette quantité de vapeur peut être successivement condensée, en diminuant graduellement l'espace qu'elle occupe ; mais la vapeur restante conserverait toujours la même force ; il faut même, pour qu'elle n'augmente pas, que la diminution de volume ait lieu très-lentement : car la vapeur, en se liquéfiant, remet en liberté toute la chaleur qu'elle avait absorbée en se formant, et cette chaleur doit nécessairement élever la température de la vapeur qui reste, à moins que l'opération ne se fasse avec assez de lenteur pour que cet excès de chaleur se dissipe à mesure qu'il se reproduit.

On peut encore faire retourner la vapeur à l'état liquide en abaissant sa température : dans ce cas , la force élastique de la vapeur non condensée diminue, et à chaque instant elle est égale à celle qui se formerait au-dessus d'un liquide qui aurait la même température. Par exemple, si la vapeur a 100° , sa force élastique sera égale au poids de l'atmosphère : elle sera par conséquent équilibrée au poids d'une colonne de mercure de $0^{\text{m}},76$; mais si on la refroidit à 50° , la vapeur qui restera ne sera plus capable que de soutenir une pression de $0^{\text{m}},03$. Il suit de là que par le refroidissement on ne peut jamais anéantir complètement la vapeur, ni par conséquent sa force élastique ; car, l'eau ayant une tension à toutes les températures, la glace même formant des vapeurs, après le refroidissement il restera toujours une quantité de vapeur correspondante à la nouvelle température ; mais lorsque cette dernière est peu élevée, la tension que conserve la vapeur est très-petite.

Lorsque de la vapeur est renfermée dans un vase, on peut la refroidir et par conséquent la condenser par deux moyens différens. On peut environner le vase d'un corps plus froid qui absorbe lentement la chaleur à travers les parois du vase ; on peut aussi injecter dans le vase un corps liquide. Le premier moyen est employé lorsqu'on veut recueillir le liquide provenant des vapeurs condensées, comme dans les distilleries ; le second l'est uniquement dans les machines à vapeur, parce que la condensation est très-rapide : la quantité d'eau doit évidemment être d'autant plus grande que l'on veut diminuer davantage la force de la vapeur.

Jusqu'à ces derniers temps on avait distingué les vapeurs des gaz. Les vapeurs, disait-on, sont des substances gazeuses qui se liquéfient par la pression ou le refroidissement. Les gaz proprement dits ne se condensent ni par la pression ni par le refroidissement. Mais un grand nombre de ces prétendus gaz permanens ont réellement été condensés par la pression ou par le refroidissement : tels sont l'acide carbonique, l'acide sulfureux, le chlore, etc. ; et il est probable que si tous ne l'ont pas été, cela tient à ce que la pression et le refroidissement n'ont pas été portés au degré suffisant. Il résulte de là que les gaz ne sont autre chose que des vapeurs non saturées, qui doivent se dilater par la chaleur, se contracter par le refroidissement et la pression, sans se liquéfier, tant que leur densité n'est pas telle que l'espace qu'ils occupent soit saturé.

Nous terminerons cet exposé succinct des propriétés les plus importantes des vapeurs par un tableau de la force élastique de la vapeur d'eau à différentes températures.

TABLE des forces élastiques de la vapeur d'eau, et des températures correspondantes de 1 à 24 atmosphères, d'après l'observation, de 24 à 50 atmosphères, par le calcul.

ÉLASTICITÉ de la vapeur en mesurant la pression de l'atmosphère pour unité.	COLONNE de mercure à 0°, qui mesure l'élasticité.	TEMPÉRATURES correspondantes, données par le thermom. centigrad. à mercure.	PRESSION sur sa colonne carré.
1	0.7600	100°	1.1833
1½	1.1400	112.2	1.549
2	1.5200	121.4	2.066
2½	1.9000	128.8	2.582
3	2.2800	138.1	3.099
3½	2.66	140.6	3.615
4	3.04	145.4 (1)	4.132
4½	3.42	149.06	4.648
5	3.80	153.08	5.165
5½	4.18	156.8	5.681
6	4.56	160.2	6.198
6½	4.94	163.48	6.714
7	5.32	166.5	7.231
7½	5.70	169.37	7.747
8	6.08	172.1	8.264
9	6.84	177.1	9.297
10	7.60	181.6	10.33
11	8.36	186.03	11.363
12	9.12	190.0	12.396
13	9.88	193.7	13.429
14	10.64	197.19	14.462
15	11.40	200.48	15.495
16	12.16	203.60	16.528
17	12.92	206.57	17.561
18	13.68	209.4	18.594
19	14.44	212.1	19.627
20	15.20	214.7	20.660
21	15.96	217.2	21.693
22	16.72	219.6	22.726
23	17.48	221.9	23.759
24	18.24	224.2	24.792
25	19.00	226.3	25.825
30	22.80	236.2	30.990
35	26.60	244.85	36.155
40	30.40	252.53	41.320
45	34.20	259.52	46.485
50	38.00	265.89	51.650

(1) Les températures qui correspondent aux tensions de 1 à 4 atmsp., inclusivement, ont été calculées par la formule de Tredgold qui, dans cette partie de l'échelle, s'accorde mieux que l'autre avec nos observations.

Nous ajouterons à cet exposé quelques notes pour le compléter, et nous terminerons par la table des forces élastiques de la vapeur d'eau et de la température correspondante. En premier lieu, il sera, dans beaucoup de cas, utile de savoir le poids d'un volume donné de vapeur d'eau. On sait déjà qu'un litre ou kilogramme d'eau donne 1696 litres de vapeur sous la pression de 0^m,76 de mercure ou de l'atmosphère de la température de 100° centigrades, ce qui correspond à une pression de 1 k., 033 par centimètre carré; donc 1697 litres de vapeur d'eau à 100° pèsent 1 k. d'eau, d'où on conclut spécialement que 1 litre pèsent 0,5894 grammes, et que 1^m cube pèsent 0,5894.

Pour savoir le poids de 1 litre de vapeur, à toute autre pression, il faut se rappeler qu'en vertu de la loi de Mariotte sur la compression des gaz, le volume de ce gaz est en raison inverse de la pression qu'on exerce dessus, de manière que, sous une pression double, le volume est deux fois moindre et par conséquent le poids sous un même volume est double. Il n'en suit que le poids de la vapeur est en raison de la pression à laquelle elle est soumise; ainsi, un mètre cube de vapeur d'eau à 5 k. atmosphère, ou avec une pression de 2966 de mercure ou de 5k,615 par centimètre carré, ou bien encore à 140° 6 du thermomètre, pèsent $0k,5894 \times 5,5 = 2k,063$.

On a vu aussi que la quantité de chaleur nécessaire pour vaporiser 1 k. d'eau était capable d'élever de 0, à 100° 6k°50, ou d'élever d'un degré 657 k. d'eau; ainsi un k. de vapeur 100° contient 650 calories. Ces résultats suffisent pour calculer la quantité d'eau nécessaire à la condensation de la vapeur dans une machine. On calcule la section du petit cylindre si la machine est à deux cylindres, comme nous l'avons déjà dit, en multipliant le carré du diamètre par 0,785, et multipliant ensuite cette section par la course du petit piston, afin d'obtenir le volume de vapeur qui est employé à chaque coup de piston. On calcule ensuite le poids de la vapeur, comme nous avons dit plus haut, et multipliant enfin le poids de la vapeur en kilogrammes par 600, on obtient à peu près le nombre de calories contenues dans la vapeur employée à chaque coup de piston.

Si l'eau du puits arrive dans le condenseur à 12° de température et qu'on ne veuille pas condenser plus de 40, il est clair que chaque litre d'eau n'aura que 28° de chaleur à gagner. On divise alors le nombre de calories obtenues tout-à-l'heure par 28, et le quotient est le

nombre de kilogrammes d'eau froide nécessaire pour condenser à 40° toute la vapeur fournie par un coup de piston ; on multiplie enfin ce poids d'eau nécessaire pour un coup de piston , par le nombre de coups que la machine donne en une heure , et l'on obtient la quantité d'eau que la pompe de puits doit fournir au minimum par heure.

Il y a dans cette méthode de calcul deux légères erreurs , mais qui se compensent à peu près et qui n'ont aucun inconvénient, nous les indiquerons pour qu'on ne les ignore pas. La première est due à ce que la vapeur à 3 $\frac{1}{2}$ atmosphères par exemple, a une température de 140° et contient par conséquent, quoiqu'on ait dit le contraire, plus de chaleur que la vapeur à 177°, par conséquent plus de 650° calories, ce qui tend à rendre nécessaire une quantité d'eau de la condensation un peu plus grande ; mais d'un autre côté, nous avons compté la quantité d'eau de condensation, de manière à absorber toute la chaleur contenue dans la vapeur dont nous parlons : mais il faut observer que la vapeur condensée donnera de l'eau qui s'écoulera à 47° avec l'eau de condensation, et emportera, par conséquent, 38° de chaleur, ce qui diminue légèrement la quantité d'eau de condensation nécessaire.

NOTES ET ADDITIONS.

Nous avons réuni dans ces notes plusieurs observations dont la véritable place était marquée dans le cours même de l'ouvrage; mais, distraits constamment de ce travail de rédaction, par des travaux de construction, nous avons reconnu trop tard des omissions et quelquefois des erreurs qui n'étaient pas sans importance. Nous avons donc cherché à réparer les unes et les autres, soit dans l'errata, soit dans les présentes notes, que nos lecteurs feront bien de parcourir avec quelque attention.

NOTE 1^{re} (21).

De la température des foyers et de celle que doit conserver la fumée dans les cheminées,

La température de la vapeur à trois atmosphères, comme on l'emploie dans les machines de Woolf, est de 438°. Celle du feu qui brûle vivement de 1800 à 2000°; celle du feu qui brûle lentement de 800 à 1000°. Soit la différence de 1000 à 2000°.

Quand le feu est très-vif, il y a entre la chaleur du feu, et celle de la chaudière une différence de 2000 à 438 ou de 1862°. Quand il brûle lentement, la différence n'est que de 1000 à 438, ou de 862°. Ainsi, dans un cas, la différence est de 1862°, et dans l'autre de 862°, c'est-à-dire beaucoup plus que double. Quand la différence de température du feu est plus que double, la même quantité de charbon doit donc produire une quantité beaucoup plus grande de vapeur. En effet, sous

les chaudières en tôle, avec un feu vif, 4 kil. de houille peut produire jusqu'à 7 et 8 kil. de vapeur. Sous les chaudières en plomb, où l'on est obligé de conduire le feu lentement, 4 kil. de houille ne produit que 2 kil. $\frac{1}{2}$ à 3 kil. de vapeur.

C'est par la même raison que dans les fourneaux également bien construits 4 kil. de houille produit plus de vapeur sous une chaudière à basse pression que sous une chaudière à moyenne et à haute pression ; car la température la plus élevée de la vapeur à basse pression est de 100 à 104°, et celle de la vapeur à haute pression peut s'élever au-delà de 160°. Il est évident alors que, la température du feu étant la même, la différence de température entre le feu et la vapeur à basse pression sera de 2000 à 104 ou 1896° ; tandis qu'entre le feu et la vapeur à haute pression elle sera seulement de 2000 à 160 ou 1840. Dans le premier cas, la houille produira donc plus d'effet que dans le second.

Il résulte également de là qu'on ne trouve pas une économie de combustible appréciable en faisant circuler long-temps la fumée autour des chaudières, quand la surface exposée au feu direct est suffisamment grande et au-delà d'un tour entier : ou d'une longueur de carreaux de 6 à 8 mètres (3 ou 4 toises). La diminution de tirage qui en résulte donne plus de perte que la chaleur absorbée par la chaudière dans les conduits ne laisse de bénéfice.

Si, en effet, le feu a 2000°, et l'eau de la chaudière 138°, la différence de température est de 1862°. Lorsque l'on veut utiliser encore la fumée, qui, selon nous, doit arriver dans la cheminée à 500°, la différence de température de cette fumée à l'eau de la chaudière ne sera plus que de 362°. Le rayonnement direct dispersant $\frac{1}{3}$ de la chaleur totale, il s'ensuit qu'à part toute différence de température, l'effet de la chaleur dans les conduits sera moins grand de $\frac{1}{3}$ que l'effet direct. En même temps, comme la quantité de chaleur qui passe à travers une surface donnée est proportionnelle à la différence de température, il s'ensuit que le mètre carré de tôle qui, exposé directement au feu, donne 60 kil. de vapeur environ, mis en contact avec la fumée, donnera au plus cinq fois moins de vapeur que les $\frac{1}{3}$ de 60 ou 8 kil. de vapeur par heure. Ce calcul est conforme aux résultats obtenus par M. Pécllet. En chauffant une surface de 1 mètre carré de cuivre par un courant d'air à 500° qui passait dessous, il a obtenu 9 kil. par heure. Mais cette surface chauffée dans les carreaux et dont nous parlons ici,

un lieu d'être placée horizontalement au-dessus de la fumée, comme le fond de la chaudière l'est par rapport au feu et comme l'était la tôle dans l'expérience de M. Pécllet, est échauffée de côté par la fumée; ce qui diminue l'effet de plus des deux tiers dans un fourneau où le tirage est vif. Or ce défaut d'action d'un courant de chaleur très-rapide sur les parois latérales qui l'enveloppent est un phénomène si facile à remarquer, que quand un fourneau a un faible tirage et que le feu y dort les parois du foyer fatiguent extraordinairement, se brûlent et se fondent; mais quand le tirage est très-vif elles se conservent intactes pendant très-long-temps, quoique construites en briques ordinaires d'une faible qualité. Par la même raison, la saie et les cordes s'attachent facilement à la chaudière dans les conduits, et s'opposent encore plus efficacement à l'action de la chaleur, ce qui n'a pas lieu sous l'action du feu direct; de sorte que l'effet produit par la surface de chaudière exposée dans les carnaux à l'action de la fumée à 500° n'est pas égale à $\frac{1}{3}$ de l'effet total. Or, pour obtenir cette économie de $\frac{1}{3}$ du combustible, on diminue le tirage du fourneau, et par conséquent la température du feu; de sorte que l'on perd définitivement beaucoup plus qu'on ne gagne.

NOTE 2 (29 et 30).

Sur la hauteur des cheminées.

La question de la hauteur à donner aux cheminées des fourneaux à vapeur est un objet si important, par les grandes dépenses qu'elle occasionne aux manufacturiers, et par son peu d'utilité dans le but qu'on lui a assigné jusqu'à ce jour, que nous croyons devoir ajouter quelques développemens aux principes que nous n'avons fait qu'énoncer. Nous disons que la hauteur des cheminées n'est pas une condition indispensable au tirage des fourneaux à vapeur, qu'elle peut être complètement inutile; et que pour donner un tirage vif il ne faut qu'une ouverture de cheminée suffisante, et une température assez élevée dans la fumée qui s'échappe. Nous ne citerons pas l'exemple des fours de verreries, et de beaucoup de fours à reverber, des fourneaux de fusion et des fourneaux à vent employés chez tous les orfèvres, qui tous ont un tirage très-fort, et presque toujours des cheminées très-courtes. Nous puiserons nos preuves dans le tableau des expériences faites par M. Pécllet, sur la vitesse que prend l'air chaud

dans les cheminées; en faisant varier leur diamètre, leur température et leur hauteur. Les tableaux suivants sont extraits du *Traité de la Chaleur* (Péclet, t. I, p. 234), le meilleur ouvrage qui ait encore été publié sur les applications de la chaleur.

Vitesse de l'air chaud, à température et à diamètre égal dans des cheminées dont la hauteur varie.

HAUTEUR.	DIAMÈTRE.	Excès de la tempér. moy. de l'air chaud et sur celle de l'air extér.	VITESSE.	RAPPORTS	
				DE HAUT.	DE VITESSE.
mètre.	mètre.		mètre.		
3.65	0.2115	45°	1.33	1	1
9.95	»	42	1.48	3	1.11
3.65	»	88	2.10	1	1
6.80	»	80	2.20	2	1.05
9.95	»	81	1.99	3	0.95
3.65	»	148	2.70	1	1
6.80	»	155	3	2	1.11
9.95	»	154	2.87	3	1.06
3.65	0.175	80	1.82	1	1
6.80	»	80	1.80	2	1
9.95	»	75	1.73	3	0.95
6.80	»	95	23.12	1	1
9.95	»	96	2.20	1.50	1.03
3.93	0.12	227	2.75	1	1
7.07	»	230	2.83	1.8	1.03
10.23	»	237	2.70	2.6	0.98
13.38	»	243	2.95	3.4	1.07
39.03	0.08	113	1.60	1	1
7.08	»	114	1.70	1.8	1.06
10.23	»	102	1.60	2.6	1
13.38	»	120	1.67	3.4	1.04

*Vitesse de l'air chaud, à hauteur et à température égale
dans des cheminées dont la section varie.*

HAUTEUR.	DIAMÈTRE.	TEMPÉRAT.	VITESSE.	RAPPORTS	
				DE SURFACE.	DE VITESSE.
mètre. 3.65	mètre. 0.080	210°	mètre. 2	1	1
»	0.120	227	2.75	2.2	1.37
»	0.175	221	3.04	4.7	1.52
»	0.2115	220	3.22	7	1.61
6.18	0.08	94	1.57	1	1
et 7.08	0.120	98	1.77	2.2	1.12
	0.175	80	1.80	4.7	1.14
	0.2115	80	2.20	7	1.40

Dans le premier tableau, on trouve la vitesse de l'air à section et à température égale, en augmentant successivement la hauteur de la cheminée. Dans le second, la hauteur et la température sont les mêmes, mais la section varie. Nous avons choisi autant que nous avons pu le faire, dans les tableaux de M. Péclot, les expériences faites dans les mêmes circonstances. On verra, que quelquefois la température n'est pas exactement la même; mais elle se rapproche toujours beaucoup de l'égalité, et il est facile de tenir compte de cette différence. On peut juger à la première inspection de ce tableau, que l'augmentation de hauteur des cheminées, n'exerce qu'une influence très-légère sur la vitesse de l'air qui les traverse. Puisqu'en triplant cette hauteur, on n'a obtenu que, dans très-peu de cas, un accroissement de vitesse de $\frac{1}{100}$, et dans la plupart des expériences, cet accroissement a été presque nul. D'un autre côté, on augmente le tirage dans une proportion beaucoup plus grande, en augmentant la section de la cheminée; et les tableaux de M. Peclet prouvent clairement que l'on augmente encore plus le tirage, en augmentant la température moyenne de la fumée. Or, en triplant la hauteur d'une cheminée, on rend la dépense au moins 5 à 6 fois plus

grande, et 15 à 20 fois quand on la porte à 30 ou 40^m ; tandis qu'il n'en est pas, à beaucoup près, de même, en doublant et triplant sa section. Il résulte de là, que pour des fourneaux à vapeur, les hautes cheminées sont une dépense de luxe complètement inutile, quand elles n'ont pas pour unique objet de porter des gaz dangereux à une grande hauteur dans l'atmosphère.

Il est toutefois certain que dans les cheminées très-larges et d'une grande hauteur, le rapport de la quantité de combustible brûlé augmente considérablement. Aussi lorsque l'on construit le fourneau d'une machine au-dessus de 8 à 10 chevaux par exemple, si la disposition des lieux exige une haute cheminée, il est très-important d'adopter la section un peu moindre que celle que nous avons indiquée, et de compter avec une cheminée de 25 à 30^m sur 50 k. de houille brûlée par 10 décimètres carrés de cheminée. Si la cheminée était déjà construite et trop large, il faudrait y opérer un rétrécissement dans le bas, pour en ralentir le tirage qui, trop violent, emporterait inutilement une grande quantité de chaleur.

Il est résulté des recherches de M. Péclet la connaissance d'un fait très-intéressant : c'est que le frottement de l'air chaud dans les cheminées de tôle ou de cuivre, et surtout de fonte, est beaucoup moins grand que dans les cheminées de briques, la vitesse du courant et le tirage beaucoup plus actifs, et que l'on peut par conséquent utiliser sans ralentir trop le tirage une plus grande partie de la chaleur totale, et laisser la fumée s'échapper à une température beaucoup plus basse, ou, ce qui revient au même, donner beaucoup moins de section aux cheminées.

Il n'en est pas moins vrai cependant qu'en donnant aux cheminées de briques la section que nous avons indiquée, il suffit qu'elles aient de 4 à 6^m de hauteur pour fournir un très-fort tirage, et un emploi très-avantageux au combustible, puisque sous ces conditions une chaudière de tôle à fond plat donne de 7 à 8 k. de vapeur pour 1 k. de houille.

Du rapport à établir entre la surface de la chaudière et la section de la cheminée.

Il est important, dans la construction des fourneaux, de faire aussi attention au rapport qui doit exister entre la surface de la chaudière à vapeur exposée directement au feu, et la section de la cheminée, et par conséquent de la grille. Quand la chaudière est de tôle ou de cuivre et à fond plat, et c'est ce genre de chaudières qui a été l'objet principal des recherches de M. D'Arcet, la section de la cheminée doit être à peu près $1/20^e$, et la surface de la grille $1/6$ de la surface de chaudière exposée directement au feu. Ce résultat est à peu près identique à celui que nous avons déjà donné; car, si la chaudière expose au feu direct 4 mètres carrés de surface, la section de la cheminée devra avoir 20 décim. carrés qui brûleront environ 60 kil. de houille. Or ces 60 kil. de houille doivent produire $60 \times 6 k^o$ ou même $7 k^o$ vapeur = 360 à 400 k^o . Or les 4 mètres carrés exposés directement produiront 290 à 500 m. vapeur, et les 400 autres seront produits par les carneaux latéraux. Il faut bien se garder, dans la construction des fourneaux, de donner trop d'ouverture aux carneaux, par rapport à la surface de chauffe de la chaudière; car on brûlerait beaucoup de houille sans effet, surtout si la chaudière est cylindrique, parce qu'ainsi que nous l'avons dit, les chaudières cylindriques produisent à surface égale, beaucoup moins de vapeur que les chaudières à fond plat; et nous avons même remarqué que lorsqu'elles ont un très-petit diamètre, elles sont fort désavantageuses, à cause de la manière très-oblique dont leurs flancs se présentent au feu, obliquité qui est moins grande quand le diamètre est plus grand. Si l'on s'aperçoit qu'un fourneau tire trop fortement et brûle trop de houille, il faut en rétrécir les carneaux ou la cheminée, ou construire au bas de celle-ci un étranglement nommé nez, pareil à celui que l'on établit dans tous les fours à réverbère, et sans lequel ils ne peuvent chauffer fortement.

On trouvera, dans la note 4, la manière de mesurer la quantité de vapeur que produit le fourneau d'une machine, et par conséquent sa quantité.

NOTE 4 (39).

*Mesure de la qualité des fourneaux de machines à vapeur
par l'eau de condensation.*

Le meilleur moyen de s'assurer qu'un fourneau est bien construit et donne un produit avantageux en vapeur est de peser la quantité de houille qu'il brûle en une heure quand la machine marche régulièrement sous sa charge habituelle, et de mesurer ou peser en même temps la quantité d'eau qui s'écoule du condenseur pendant deux ou trois minutes, en ayant soin de recommencer plusieurs fois cet essai. Pour en vérifier les résultats, on observe en même temps la température de l'eau du puits, et celle qui s'écoule du condenseur, en la prenant dans le chapeau même du condenseur, pour être certain qu'elle n'a pas encore donné de refroidissement. Admettons que l'on ait obtenu les résultats suivans pour une machine de 20 chevaux à deux cylindres et à chaudière de fonte :

Houille brûlée en une heure.....	62 kilog.
Température de l'eau de puits.....	42° centig.
Température de l'eau de condenseur.....	39°
Quantité d'eau écoulée en 3 minutes.....	373 kilog.

L'élévation de température qu'a reçue l'eau de condensation sera de 27° ou 27 calories par kilog. d'eau et $373 \text{ k} \times 27 \text{ calories} = 10,074$ calories en 3 minutes, ou 201,420 calories en une heure, divisées par 650 calories (correspondant à 1 kilog. de vapeur), donneront 310 k. de vapeur par heure.

$\frac{310}{62} = 5 \text{ k. de vapeur pour 1 k. de houille.}$ Or pour une chaudière de fonte, c'est le résultat que l'on doit ordinairement obtenir.

NOTE 5 (40).

Procédés employés pour empêcher le dépôt de s'attacher aux chaudières.

Il paraît certain que l'on a réussi à empêcher toute adhérence du dépôt terreux aux chaudières, en les frottant intérieurement et sur toutes leurs parties d'un mélange de suif et de plombagine. Ce moyen a échoué dans plusieurs ateliers, parce qu'on n'a pas eu le soin de répéter plusieurs fois l'opération ; car lorsque la chaudière est bien imprégnée de graisse, le dépôt ne s'y attache aucunement.

On a obtenu aussi de bons résultats en jetant de temps en temps dans les chaudières une légère quantité de sous-carbonate de soude qui en précipite tout à coup les sels terreux, et les laisse former un dépôt pâteux qui n'altère que peu la chaudière.

NOTE 6 (40).

Nétoyage des chaudières et tuyaux par l'acide hydrochlorique (muriatique).

Les dépôts qui se forment dans les chaudières à vapeur peuvent devenir la cause de graves inconvénients, car, outre qu'ils sont une des causes les plus fréquentes de rupture pour les bouilleurs, ils peuvent occasionner des explosions s'ils se détachent tout à coup et laissent arriver l'eau sur la fonte rougie quand ils sont devenus assez épais pour que le fond de la chaudière rougisse ; on ne saurait trop prendre de soins pour les retirer avant qu'ils puissent devenir nuisibles. Nous avons indiqué les moyens les plus usités pour opérer ce nétoyage. Celui que nous donnons ici, et qui est dû à M. D'Arcet, comme son application au dégorgement des conduites d'eau, étant dans la plupart des cas supérieur à tous les autres par la facilité, la rapidité et la certitude de l'opération, nous le développerons avec quelques détails.

Les dépôts des chaudières à vapeur sont formés des sels insolubles et solubles que contient l'eau employée à l'alimentation et qui se pré-

épitent tous ensemble. Les seuls qui soient abondans sont le sulfate et le carbonate de chaux, le plâtre et la craie.

Quand le dépôt est entièrement formé de sulfate de chaux, il est grès-dur, n'entraîne pas d'eau de cristallisation, et adhère fortement aux chaudières. L'acide hydrochlorique ne pouvant pas le dissoudre, il faut l'enlever par un moyen mécanique, à petits coups de marteau, comme nous l'avons dit pour tous les dépôts.

Mais si l'eau ne contient que du carbonate de chaux, ou au moins du sulfate de chaux mêlé de carbonate, le dépôt qui souvent même forme une bouillie au fond de la chaudière, et peut être enlevé par un simple lavage, sera en tout cas attaqué par l'acide hydrochlorique qui dissoudra le carbonate de chaux et désaggrègera le sulfate; de sorte qu'en balayant et lavant la chaudière, on enlèvera le tout. Si la quantité de sulfate était trop grande, par rapport à celle du carbonate, pour que le dépôt compact et attaché à la chaudière fût attaqué et désaggrégé par l'acide, il faudrait employer tous les moyens réunis, l'acide et le marteau. Supposons donc que le dépôt est attaqué par l'acide hydrochlorique, et traçons la marche du procédé. On doit avoir essayé d'avance dans un verre si le dépôt que l'on ouvre d'un excès d'acide est ou non altérable par l'acide, et même, si on le peut, examiner combien il faut d'acide pour attaquer complètement ce dépôt. Au reste deux ou trois nettoyages faits à des époques régulières, et en pesant l'acide employé à chaque opération, serviront facilement de guide. Ainsi le nettoyage d'une chaudière, quand le dépôt contient assez de carbonate de chaux pour que sa dissolution laisse le sulfate de chaux désaggrégé et pulvérulent, ce nettoyage, disons-nous, consiste simplement à ouvrir la chaudière le samedi soir, quand on arrête l'atelier, à y verser par parties et à mesure que le bouillonnement s'apaise, de l'acide hydrochlorique, jusqu'à ce qu'il en ait dans l'eau un excès marqué et que l'eau rougisse le papier de tournesol et le sirop de violettes; on agite fortement le tout avec un bâton. Le fourneau étant encore très-chaud, l'action est vive et rapide, tout le dépôt se dissout ou se délaye, et le lendemain matin, si l'on a employé assez d'acide, il suffit de vider, balayer et laver la chaudière, elle est remise à neuf. Au second nettoyage, on sait d'avance quelle est la quantité d'acide à employer.

Si l'on connaît d'avance la quantité de sels insolubles contenus dans les eaux que l'on emploie, comme dans les eaux de la Seine, de Belle-

ville, d'Arcueil, qui ont été analysées, il sera facile de déterminer d'avance la quantité d'acide nécessaire à la dissolution du dépôt.

Un essai, fait comme nous le disons note (4) donnera immédiatement la quantité d'eau évaporée chaque jour, et par conséquent la quantité totale de dépôt formée à l'époque de chaque nettoyage, et l'on en déduira le poids de l'acide hydrochlorique à employer.

Voici quelques données qui serviront à faire ces calculs :

400 grammes d'acide hydrochlorique du commerce à 22°, peuvent dissoudre 46 grammes de carbonate de chaux pur.

400 litres d'eau de Belleville, qui est la plus chargée en sulfate de chaux des eaux de Paris, donnera 439 gr. de dépôt contenant 25 grammes $1/2$ de carbonate, exigeant l'emploi de 55 gr. $1/2$ d'acide hydrochlorique.

400 litres d'eau d'Arcueil fournissent 32 gr. $1/2$ de dépôt calcaire dans lequel on trouve 16 gr. de carbonate de chaux, que l'on ne peut dissoudre qu'en employant 27 gr. d'acide.

400 litres d'eau de Seine ne donnent que 16 gr. dépôt calcaire, contenant 40 gr. de carbonate de chaux, et n'exigent que l'emploi de 25 gr. d'acide.

Ce procédé de nettoyage a été employé avec le plus grand succès à dégorgier une conduite de tuyaux de plomb de 218^m de longueur, sans la démonter, ni déranger en rien les tuyaux. On fit passer lentement un courant d'acide hydrochlorique faible à travers la conduite qui était presque entièrement engorgée, en ayant soin de ne laisser sortir l'acide que quand il était saturé, et en peu de jours le dépôt fut complètement dissous. Un courant d'eau bientôt lave la conduite, et on opère ainsi, à peu de frais, un dégorgement qui aurait coûté quatre fois plus s'il eût été nécessaire de renouveler tous les tuyaux. Il est un grand nombre de circonstances où des moyens semblables peuvent devenir très-utiles. Aussi n'hésitons-nous pas à publier cette note entière pour appeler sur les procédés qu'elle développe toute l'attention des manufacturiers qui emploient des chaudières à vapeur ou qui peuvent lui trouver des applications que le bas prix de l'acide hydrochlorique doit rendre très-fréquentes.

NOTE 7 (315).

Table des longueurs du pendule qui donne le nombre de coups de pistons en une minute.

Nombre des coups de pistons de la machine.	Nombre d'oscillations de pendule.	Longueur du pendule.
31	62	0 ^m ,930
30	60	0.994
29	58	1.063
28	56	1.144
27	54	1.227
26	52	1.323
25	50	1.431
24	48	1.552
23	46	1.691
22	44	1.848
21	42	2.028
20	40	2.236
19	38	2.477
18	36	2.760
17	34	3.094
16	32	3.493
15	30	3.974

Les longueurs que nous donnons dans ce tableau, qui sont celles du pendule à Paris, donnent le nombre d'oscillations de la machine à vapeur, c'est-à-dire le double du nombre des coups de pistons. Comme on ne peut pas ordinairement construire ce métronome avec plus de 2 mètres de longueur, on se contente de le régler pour donner les vitesses de 20 à 30 coups de pistons. Ce sont les vitesses les plus usitées, puis qu'elles comprennent les machines à vapeur depuis 8 jusqu'à 25 che-

vaux. Au-dessus et au-dessous des nombres de coups de pistons correspondans à ces longueurs, on en prend le double ou la moitié, et il est toujours facile d'arriver avec certitude à régler sans peine la vitesse d'une machine à vapeur, de la manière la plus régulière.

On pourrait employer au même usage le métronome de Maelzel, bien connu aujourd'hui de toutes les personnes qui s'occupent de musique.

NOTE 8 (41).

Du Mesurage ou Blocage de la houille.

. Les tables que nous donnons ici pour jauger rapidement les bateaux et mesurer les tas de houille seront sans doute utiles aux manufacturiers, qui en achètent en grandes quantités, et qui sont exposés à être trompés chaque jour sur les mesures, ou astreints à de longues pesées qui exigent une grande dépense de temps et beaucoup de main-d'œuvre inutile. Ce sont les tables qui servent au commerce de houille de Paris, dans ses transactions journalières.

1 mètre cube équivaut à	1000 litres.
1 hectolitre —	100 —
Donc le mètre cube équivaut à	10 hectolitres.
Et un hectolitre —	0,1 mètre cube.

L'hectolitre pour la mesure des matières sèches est un cylindre dont la hauteur est égale à son diamètre.

Pour l'hectolitre, diamètre et hauteur	0 ^m ,5031
Pour le demi-hect. —	0 ^m ,3993
L'hectolitre de charbon de terre pèse communément	
sec	80 kil.
La voie de 15 hectolitres pèse	1200
Quand le charbon de terre est mouillé,	
L'hectolitre pèse, terme moyen	87
La voie	1305
L'hectolitre de coke ou charbon épuré	57
La voie.	855

Mesurage d'un Bateau chargé de Houille.

Cette mesure consiste à évaluer le volume d'eau déplacé par la houille, à chercher ensuite le nombre d'hectolitres d'eau contenus dans le volume trouvé, et à le multiplier par le rapport qui existe entre le volume de l'eau et le volume de la houille, à poids égal, d'après la table qui suit. En effet, il est prouvé qu'un bateau plongé dans l'eau déplace un volume d'eau qui pèse autant que le bateau entier avec sa charge, c'est-à-dire qu'en mesurant le volume de la partie du bateau qui plonge dans l'eau, le bateau et sa charge pèseront ensemble autant de fois 100 k° qu'il y aura d'hectolitres dans ce volume.

Tables des volumes qu'occupent, suivant leur qualité, 100 k° de charbon de terre, c'est-à-dire l'équivalent en poids d'un hectolitre d'eau.

Charbon épuré ou coke

Coke pesant 55 k° l'hect.	100 k° ou la valeur de 1 hectol.	hectol.
	d'eau, donnent	1,82
— 56 —	—	1,78.
— 57 —	—	1,75
— 58 —	—	1,72

Houille, ou Charbon de terre.

Houille pesant 78 k° l'hect.	100 k° ou la valeur de 1 hectol.	hectol.
	d'eau, donnent	1,28
— 79 —	—	1,27
— 80 —	—	1,25
— 81 —	—	1,23
— 82 —	—	1,22
— 83 —	—	1,20
— 84 —	—	1,19
— 85 —	—	1,18
— 86 —	—	1,16
— 87 —	—	1,15
— 88 —	—	1,14
— 89 —	—	1,12
— 90 —	—	1,11

Les toues employées au transport des houilles qui descendent la Seine pour venir à Paris, sont des bateaux construits sur des mesures régulières et constantes, et destinés à être détruits après le déchargement. Il y en a de deux dimensions.

Les grandes toues ont environ

23^m,4 (72 pieds) de longueur.

5^m,03 (15 pieds 6") de largeur.

Les petites ont

21^m,4 de longueur (68 pieds).

3^m,47 de largeur (10 pieds 2").

Elles s'achètent avec la houille même dont elles sont chargées, et se comptent comme houille en volume, de manière que l'on mesure la toue avec la houille qu'elle contient, ce qu'on nomme *bloquer une toue*. Pour cette opération, on mesure la longueur de la toue d'une chauffée à l'autre, c'est-à-dire entre les planches qui retiennent le chargement de houille aux deux extrémités.

On mesure ensuite la largeur de la toue à quatre endroits : aux deux extrémités, puis à chaque tiers de la longueur ; on prend la moyenne de ces quatre largeurs ; en y ajoutant 8 centimètres pour l'épaisseur des bordages. On mesure ensuite la hauteur du bateau en dedans, c'est-à-dire depuis son bord jusqu'au fond ; et la hauteur en dehors, c'est-à-dire depuis le bord du bateau jusqu'au niveau de l'eau. Ces hauteurs se prennent aux quatre points où l'on a mesuré la largeur. On en prend également les moyennes. On retranche la hauteur en dehors de celle en dedans, pour avoir la hauteur de la partie plongée dans l'eau.

Le reste de l'opération ressemble au cubage de tout autre corps. Ayant la longueur, la largeur et la hauteur du volume d'eau déplacée, on multiplie ces trois dimensions l'une par l'autre, et le résultat est le volume de l'eau déplacée en mètres cubes. En multipliant ce volume par 10, on l'obtient en hectolitres d'eau ou en autant de fois 100 k. de houille. Multipliant alors ce nombre d'hectolitres d'eau par le nombre correspondant d'hectolitres de houille, d'après sa qualité que l'on a déterminée d'avance en pesant un hectolitre, on a le nombre

(.408)

d'hectolitres de huile contenue dans le bateau, le bateau compris, somme nous l'avons déjà dit. On compte en général que le bateau vide paie les frais de déchargement.

Exemple de blocage d'une toue.

Longueur d'une cheuffée à l'autre.....	22 ^m ,10
Largeur sur quatre points.....	3,50
	3,90
	3,90
	3,50
	<hr/>
Ensemble.....	14,50
	<hr/>
1/4 de tout ou moyenne.....	3,70
A ajouter pour les bordages.....	0,08
	<hr/>
	3,78

Hauteur en dedans

Hauteur en dehors.

Prises aux mêmes points où l'on a déjà mesuré la largeur, et sur chaque côté de la toue, ce qui donne huit mesures en dedans et huit en dehors.

4 ^m ,12		0 ^m ,66
1,14		0,63
1,05		0,34
1,05		0,34
1,05		0,36
1,05		0,36
1,00		0,49
1,00		0,55
		<hr/>
8,46	8 ^m ,46	3,73
Moins.....	3,73	
	<hr/>	
Différence.....	4 ^m ,73	
Hauteur de la partie..	0,59	
plongée ou moyenne..		

(409)

Longueur du volume d'eau déplacé.....	22 ^m ,40
Largeur moyenne.....	3,78
Hauteur moyenne.....	0,59

Multipliant 22^m,40 par 3^m,78 et par 0^m,59,
on obtient en mètres cubes..... 49,382 mètres cubes.
en hectolitres, 40 fait ce nombre..... 493,82 hectolitres.

Si la houille est sèche et pèse 80 k° l'hectol.
la table ci-dessus donne pour le volume de
houille correspondant à 4 hectol. d'eau 4,25
hectolitres.

493,8 hectolitr. multipliant 4,25 hectolitr.,
donnent..... 616 hect. de houille.
ou 41 voies, tout compris.

Quand le bateau ne doit pas être détruit, on obtient le poids de
houille en mesurant le volume du bateau plongé dans l'eau, à charge
et ensuite à vide. La différence donne évidemment le volume d'eau dé-
placé par la houille ; multipliant alors ce volume en hectolitres par le
rapport correspondant à sa qualité dans la table, on obtient le nombre
d'hectolitres de houille qu'il contient.

Ce procédé s'applique à tous les bateaux, quelles que soient leurs
formes et leurs dimensions, qui varient, suivant le pays où on les a
construits. Il y a en outre des usages reçus à Paris pour le mesurage
des divers bateaux : il est bon de les connaître aussi.

Pour les bateaux flamands, on prend deux mesures au centre, une
en avant et une en arrière, à deux mètres de chaque extrémité.

Pour les bateaux picards ou *besogres*, l'arrière est égal à la moitié
de la longueur ; l'avant est égal au tiers de la longueur

Pour les bateaux marnois achevés en Picardie, l'arrière et l'avant
sont comptés chacun pour un tiers.

Tableau de l'opération pour un bateau marnois.

Longueur....	avant.....	0 ^m ,70	ensemble 26 ^m ,60
	centre.....	26,40	
	arrière.....	4,50	

(410)

Largeur.

Une mesure à la fin de l'arrière.....	5 ^m ,94
— à 3 pieds de la 1 ^{re} matière.....	6 "
— à 3 pieds de la dernière matière.....	6 "
— au commencement de la dernière matière.....	5,80
	<u>23^m,70</u>
1/4 ou le moyenne.....	5 ^m ,92
Ajouter pour l'épaisseur des deux bordages.....	0,08
	<u>6^m,00</u>

Hauteur du flot à plein

Hauteur du flot à vide.

Ces mesures sont prises depuis le bord du bateau jusqu'au niveau de l'eau, aux mêmes points que les largeurs, et sur les deux bords du bateau, ce qui donne et mesure pour chacun :

0 ^m ,70		4 ^m ,58
0,70		4,58
0,48		4,24
0,48		4,24
0,22		4,30
0,22		4,30
0,42		4,48
0,42		4,52
<u>3^m,04</u>	44 ^m ,24	<u>44^m,24</u>
Moins.....	<u>3,04</u>	
Différence.....	8 ^m ,20	
4/8 ou moyenne...	4,03, c'est-à-dire hauteur dont la charge	

de houille faisait enfoncer le bateau ou hauteur du volume d'eau déplacée par la houille : donc 28^m,60 multipliant 6^m, multipliant 4^m,03, donnent le volume d'eau en mètres cubes ; et quand on le multiplie par 10, en hectolitres, 476,7 mètres cubes, ou 4767 hectolitres d'eau. Si nous supposons cette houille mouillée de sorte que l'hectolitre en pèse 87 k°, la table nous donne, pour le rapport correspondant de volume en houille, 4,45 hect. par chaque hectolitre d'eau. Multipliant donc 4767 hect. par 4,45 hect., on obtient 2032 hectolitres de houille ou 462,500 k° de houille sèche.

On emploie aussi à Paris, pour le blocage des grandes toues, une méthode beaucoup plus rapide et qui donne des résultats fort exacts. Il suffit de mesurer la hauteur de la partie plongée, devant, au milieu, et derrière ce bateau, des deux côtés, et en ajoutant ensemble les trois moyennes de ces six mesures, la somme donne immédiatement, au moyen d'une table, la quantité de houille composant le chargement, la toue comprise.

Voici la table qui sert à ce blocage.

66	pouces donnent	38	voies de houille.
68	—	39	—
70	—	40	—
72	—	41	—
74	—	42	—
76	—	43	—
78	—	44	—
80	—	45	—

Nous terminerons cet article par un exemple qui montrera la manière d'employer cette table.

	Hauteur du bateau en dedans.	Hauteur depuis le bord jusqu'au niveau du flot.	Différence ou hauteur plongée.	Moyenne.	
Sur le devant.	42°	19°	23°	21° 1/2	} somme 74° 1/4
	42°	22°	20°		
Sur le milieu.	42°	43°	29°	28° 3/4	
	42°	43° 1/2	28° 1/2		
Sur le derrière.	45°	20°	25°	24°	
	47°	24°	24°		

Ces 74 pouces 1/4, d'après la table ci-dessus, donnent 42 voies et 1/8 de voie.

NOTE 9.

Raccommode des bouilleurs.

Nous avons omis de dire que , dans le procédé de M. Pauly , pour raccommode les bouilleurs , on ne perce pas tous les trous par ordre et à la suite l'un de l'autre , mais on taraude et bouche tous les trous de rang impair , par exemple ; puis , lorsque les vis de cuivre y sont entrées et mâtées , on fore les trous intermédiaires de manière à prendre à la fois sur les deux vis déjà entrées de chaque côté.

NOTE 10 (50).

Explosions des chaudières de cuivre.

On vient d'avoir , il y a peu de temps , un exemple d'explosion dans une chaudière de cuivre. Il est probable qu'elle s'était en partie vidée , et qu'elle avait rougi dans quelques endroits. Ce n'est pas le premier exemple.

NOTE 11 (52).

Calcul des soupapes de sûreté.

On sait que le poids de l'air , ou de l'atmosphère , qui pèse sur une surface de 4 centimètre carré , est égal à un kilogramme environ (ou à 45 livres sur une surface de 4 ponce carré). Supposons que la soupape de sûreté a une surface de $7\frac{1}{2}$ centimètres carrés , ou 4 ponce carré , et qu'elle n'est chargée d'aucun poids ; lorsque la vapeur sera capable de soulever cette soupape , il est évident qu'elle supportera un poids égal à celui de l'air , c'est-à-dire que sa force sera suffisante pour soulever le poids de l'air , que nous avons dit être égal à 4 kilogramme sur chaque centimètre carré , ou 45 livres sur 4 ponce carré ; en d'autres termes , sa force sera égale au poids de l'atmosphère : c'est ce que les mécaniciens appellent de la vapeur à une atmosphère de pression.

Si maintenant cette soupape , qui ne supportait précédemment que

le poids de l'air égal à 7 kil. $\frac{1}{2}$ par pouce carré, vient à être chargée, en outre, d'un poids de 7 kil. $\frac{1}{2}$, comme le poids de l'air la presse toujours de même, il est évident que la vapeur capable de la soulever alors soulèvera deux fois le poids de l'atmosphère. Soit 15 kil., elle est donc deux fois plus forte que précédemment. C'est de la vapeur à 2 atmosphères de pression.

Si on charge la soupape d'un poids de 15 kil., plus le poids de l'air, qui reste le même, en tout 22 kilos $\frac{1}{2}$; la vapeur capable de soulever alors la soupape supportera une pression trois fois plus grande, ou de 3 kil. par centimètre carré. Ce sera de la vapeur à 3 atmosphères.

On peut ainsi obtenir de la vapeur à 3, 4, 6, 8 atmosphères de pression et au-delà, c'est-à-dire de la vapeur dont la tension est assez forte pour soulever une soupape de 1 centimètre carré, chargée de 2, 3, 4, 6 et 8 kilogrammes, ou une soupape de 1 pouce carré, chargée d'un poids égal à deux, trois, quatre, six et huit fois le poids de l'atmosphère, ou 7 kilos et $\frac{1}{2}$.

On a même voulu, dans quelques machines, employer la vapeur à 32 atmosphères, mais sans succès jusqu'à présent.

La pression la plus avantageuse pour travailler dans les machines de Woolf est celle de 3 à 4 atmosphères. Les soupapes doivent donc être réglées de manière à se soulever quand la tension s'élève au-dessus de ce degré. La surface qu'on leur donne ordinairement est de 29 millimètres (15 lignes de diamètre) dans les machines de 10 à 12 chevaux, et on en place deux sur chaque chaudière. La surface de chacune est de 8 centimètres carrés environ. Pour se soulever dès que la vapeur atteindra 5 atmosphères, par exemple, les soupapes doivent donc être chargées d'un poids égal à 5 kil. par centimètre carré, ou 40 kil. en tout. Mais comme elles soutiennent déjà le poids de l'atmosphère, égal à 4 kil. par centimètre carré, ou 8 kil. sur toute la soupape, il ne restera plus que 32 kil. à ajouter.

Il serait cependant difficile de placer sur la soupape un poids aussi considérable, et de pouvoir l'enlever, le déplacer, ou le changer facilement au besoin. Pour éluder cette difficulté, au lieu de faire presser la soupape directement par le poids, on la fait presser par un levier *a*, pl. 3, fig. 2, sur lequel on fixe le poids *P*, qui n'a pas alors besoin d'être aussi considérable. Il résulte de cette disposition qu'un poids de 4 à 5 kil. peut produire sur la soupape un effet de 32 kil., pourvu

qu'il soit placé au bout d'un levier assez long : et pour cela il suffit que le bras de levier du poids, soit sept fois plus grand que le bras de levier sur lequel agit la soupape, c'est-à-dire la pression intérieure de la vapeur. Toutes les fois donc que la vapeur acquerra une tension supérieure à 5 atmosphères, ou en omettant le poids de l'air, supérieure à 4 atmosphères, ou 60 livres par pouce carré, cette vapeur, devenant plus forte que le poids placé sur la soupape qui lui résiste, le soulèvera et s'échappera au dehors, jusqu'à ce qu'ayant perdu l'excès de sa force elle fasse équilibre au poids de 5 kil., dont la soupape est chargée, sans pouvoir le soulever ; alors l'écoulement cesse.

Voici la règle à suivre pour calculer la charge d'une soupape. Supposons que le poids P pèse 4 kil. : b est le point fixe autour duquel tourne le levier qui transmet à la soupape S , l'action du poids.

Le bras du levier sur lequel agit le poids qui pousse la soupape du dedans au dehors est bd . Dans l'exemple actuel, il a 3 centimètres.

Le bras de levier sur lequel agit le poids qui presse la vapeur du dehors au dedans est dc . Il a 28 centimètres.

On fera la proportion suivante, pour savoir l'effet réel que le poids P , agissant sur son bras de levier, exerce directement sur la soupape.

Le petit bras du levier db est au grand bras cb comme le petit poids P est au grand effort ou poids x qu'il exerce sous la soupape.

$$\text{ou } db : cb = P : x$$

$$3 : 28 :: 4 : x = \frac{28 \times 4}{3} = 37$$

En multipliant 28 par 4 et divisant le produit par 3, on obtient 37 kilos pour l'effort fait par le poids sur la soupape. Or, si celle-ci a 8 centimètres carrés, en divisant 37 kilos par 8, on aura 4 kilos $\frac{5}{8}$ environ de pression, ou 4 $\frac{1}{2}$ atmosphères sur chaque centimètre carré ; ce qui, en y ajoutant le poids de l'air qui presse toujours dessus, fait 5 $\frac{1}{2}$ atmosphères de pression pour la vapeur qui soulèvera cette soupape.

Si l'on voulait, au contraire, savoir à quelle distance du point fixe, il faut placer le poids P , pour qu'il soit soulevé à 3 atmosphères de pression, sans compter celle de l'air, il faudrait faire le calcul suivant.

La pression de la vapeur à 3 atmosphères, sur une soupape de 3 centimètres carrés, est de 8, multipliant 3 kil., ou 24 kil. : le petit levier *db* est toujours de 3 centimètres ; le poids *P* de 4 kil. On dirait donc : le petit poids 4 kil. est au grand effort 24 kil., comme le petit bras 3 centimètres est au grand bras *x*. Multipliant 24 par 3 = 72, et le divisant par 4, on trouverait que le grand levier *db* est de 18 centimètres pour une pression de 3 atmosphères.

NOTE 12 (53).

Pression du dehors au dedans sur les soupapes à siège plat.

Les observations recueillies par M. Clément et les expériences qu'il y a ajoutées prouvent sans aucun doute que l'écoulement de la vapeur par des soupapes de la forme usitée dans les machines à vapeur (pl. 3, fig. 9) produit, sous la soupape même qui est soulevée, une inégalité de pression, en vertu de laquelle l'air, qui presse sur l'autre surface, repousse la soupape sur l'orifice même d'où s'écoule la vapeur. Mais cette différence de pression n'est pas la même sur toute la surface de la soupape. Dans toute la partie *ab*, qui couvre l'ouverture percée dans la chaudière, la pression intérieure de la vapeur est beaucoup plus forte que la pression extérieure : il ne s'y produit pas de vide. Cet effet n'a lieu que sur l'anneau *cd* de contact de la soupape, et encore il est à son minimum en *c*, et va en augmentant à mesure que l'on s'éloigne de l'orifice *ab*, comme l'indiquent les flèches de différentes longueurs ; de sorte que sur cet anneau circulaire, il y a pression du dehors au dedans, tandis que dans toute la surface *ab* de l'orifice, il y a pression du dedans au dehors.

Or, dans les soupapes ordinaires des machines de Woolf de 10 à 12 chevaux, l'orifice a 29 à 30 millimètres de diamètre, ou environ 900 millimètres carrés, et l'anneau à 7 à 8 millimètres de largeur sur une circonférence moyenne de 440 millimètres ou 800 millimètres carrés environ. Mais, sur l'orifice, la pression véritable de la vapeur est de 2 à 3 atmosphères, et la différence moyenne de pression de l'air qui, en agissant sur l'anneau, tend à produire le mouvement du dehors au dedans, est inférieure à l'atmosphère ; de sorte qu'en somme, la pression du dedans au dehors qui soulève les soupapes, est quatre à cinq fois

plus forte que celle du dehors au dedans, qui tend à les tenir fermées ; et en effet elles fonctionnent parfaitement , et la vapeur peut , au besoin , s'écouler avec la plus grande facilité. C'est aussi l'opinion de M. Péclet (t. 2, p. 80).

NOTE 13 (76).

M. Edwards, qui apporte sans cesse de nouveaux soins à la fabrication et au perfectionnement des machines à vapeur construites dans ses ateliers de Chaillot, a heureusement remplacé le chapeau qui ferme la chapelle des pompes alimentaires au moyen d'un plateau pressé par un levier et un poids semblable à celui des soupapes de sûreté. Par ce moyen, on est assuré de ne jamais briser la tringle de la pompe alimentaire, si l'on venait à fermer par erreur le robinet d'injection pendant que la machine marche ; car toute l'eau jetée par la pompe soulèverait alors la soupape et s'échapperait sans peine. On règle le poids sur la pression nécessaire pour alimenter la chaudière à pleine charge.

NOTE 14 (108).

Trempe des ressorts d'acier fondu.

Ces ressorts doivent être chauffés au charbon de bois, et trempés avec une égalité parfaite. C'est de cette égalité que dépend toute leur qualité.

NOTE 15 (159).

Moyens d'enlever le bocal de cuivre de la petite boîte.

On éprouve quelquefois de la difficulté à enlever le bocal de la petite boîte à vapeur, parce qu'il y est entré à force. Il faut, pour le sortir facilement, quand la machine est encore très-chaude, ôter les deux plateaux de la boîte, et, bouchant le dessous du bocal, le remplir d'eau froide. Le bocal se contracte immédiatement avant que la fonte, bien plus épaisse de la boîte, ait pu éprouver le même effet, et on la retire alors avec la plus grande facilité.

NOTE 16 (187 et 193).

Tension de l'air et de la vapeur dans le condenseur.

Si, par exemple, la colonne d'eau à élever du niveau du puits jusqu'au condenseur a 8 mètres de longueur, et que la température du condenseur soit égale à 30° centigrades, la vapeur à cette température peut soutenir une colonne d'eau de 4 décimètres ou 15", qui, ajoutée aux 8 mètres, font 8 mètres 40 centimètres ou 25 pieds. Or, comme le poids total de l'air qui fait monter l'eau dans les pompes est égal à une colonne d'eau de 32 pieds, il est clair que l'eau montera dans le condenseur, puisqu'il y a 6 pieds de différence entre la longueur de la colonne d'eau que l'air peut soutenir et de celle qu'il soulève ici, quoiqu'il y ait toujours dans les condenseurs une certaine quantité d'air qui ajoute sa tension à celle de la vapeur, et diminue par conséquent la hauteur à laquelle l'eau peut monter. Supposons la tension de cet air égale au poids d'une colonne d'eau de 2 pieds qui, avec les 25 pieds font 27 pieds pour le poids de la colonne d'eau à soulever. Si maintenant la température du condenseur s'élevait à 50°, la tension de la vapeur à 30°, poids d'une colonne d'eau de 1 mètre 20 centimètres environ, près de 4 pieds; en ajoutant ces 4 pieds aux 24 pieds de colonne d'eau à élever et aux 2 pieds que représente la tension de l'air, sans tenir même compte de l'augmentation que cette tension a subie par l'élévation de la température, on trouve que la hauteur de la colonne d'eau à soulever est maintenant égale à 30 pieds au moins. D'où il suit que le poids de la colonne d'air extérieur égale à 32 pieds d'eau, qui doit vaincre, outre le poids d'une colonne d'eau de 30 pieds, tous les frottemens de l'eau dans les tuyaux, n'est plus assez fort pour le faire monter. La différence serait bien plus grande encore, si l'on examinait ce qui se passe dans un condenseur semblable, quand la machine vient à prendre de l'air, qui y triple et quadruple bientôt la tension de la vapeur.

NOTE 17 (188).

Passage de la vapeur au condenseur.

Le tuyau qui conduit la vapeur au condenseur doit être large, et cette largeur ne présente aucun danger. Il est un signe auquel il sera

(418)

facile de reconnaître si la machine, et principalement la grande boîte à vapeur fonctionnent bien, c'est lorsqu'en approchant l'oreille du tuyau de vapeur du condenseur, et ensuite des petits tuyaux des boîtes, on y entendra le sifflement bien net et bien tranché de la vapeur, à chaque coup de piston. L'oreille reconnaîtra bientôt si les soupapes de la grande boîte ferment bien, ou si elles laissent échapper de la vapeur quand elles doivent être fermées; car alors le sifflement se prolongera, et se mêlera quelquefois même d'un coup de piston à l'autre, au lieu d'être bien distinct. C'est un des objets auquel le manufacturier doit faire attention quand il visite une machine.

NOTE 18 (231).

Du Mastic rouge.

Nous avons essayé sans succès de faire du mastic à l'huile de lin sans minium, c'est-à-dire avec de la céruse et de la terre de pipe. Ce mastic est long à faire; il ne devient liant qu'après 20 ou 24 heures de repos, et il s'amollit ensuite, soit seul, soit par l'action de la chaleur, sans sécher de long-temps. Il livre donc souvent un passage aisé à la vapeur. Avec $\frac{1}{3}$ de terre de pipe, $\frac{1}{3}$ de térébente, $\frac{1}{3}$ de minium ou même $\frac{1}{2}$ de terre de pipe, ce mastic est fort bon et très-économique.

NOTE 19 (58).

De la loi de mariotte et de l'échelle de graduation des manomètres.

La graduation des manomètres repose sur la loi de compression des gaz, en vertu de laquelle les volumes d'un gaz sont en raison inverse des poids qui le compriment; de sorte que, si, sous la charge d'un atmosphère, le volume est égal à 1 litre ou à une colonne de 1 mètre, sous la charge de 2 atmosphères, il sera réduit à $\frac{1}{2}$ litre ou la colonne à $\frac{1}{2}$ mètre. En un mot, pour connaître le volume que le gaz occupera sous une pression quelconque, il faut multiplier le volume primitif

par la pression primitive qu'il supportait et le diviser par la nouvelle pression.

Si le volume était d'abord 0,30 mètre cube, et la pression 0^m,76, le volume, sous une pression triple de 2^m,28, sera :

$$\frac{0^{\text{mc}}, 30 \times 0,76}{2,28} = 0^{\text{mc}}, 10; \text{ ou } \frac{1}{3} \text{ du volume primitif.}$$

Ainsi la longueur du volume d'air, qui occupe 400 centimètres ou 400 parties dans le manomètre *gh*. (pl. 3, fig. 10) à une atmosphère de pression, prendra successivement sous les pressions suivantes les volumes suivants.

Pour 2 atmosphères $\frac{400 \times 1^{\text{at}}}{2^{\text{at}}} = 50$ parties. Comme on voit, le manomètre coupé en deux ou le volume d'air réduit à moitié, sous une pression de 2 atmosphères, en y comprenant la pression de l'air, c'est-à-dire de 1 atmosphère au-dessus de celle de l'air, = 7k. $\frac{1}{2}$, ou 14 liv.

Pour 3 atmosphères, $\frac{400 \times 1}{3} = 33$ parties environ; *cm* = 15k. qu 30 livres au-dessus du poids de l'air.

Pour 4 $\frac{1}{2}$ atmosphère ou 0,5 at. $\frac{400 \times 1}{1,5} = 67$ parties; *cr.* 3 k. $\frac{3}{4}$ ou 7 $\frac{1}{2}$ livres, et ainsi de suite. C'est ainsi qu'a été construite l'échelle de la fig. 10.

On trace en effet un angle quelconque *acb*, on le coupe par des lignes parallèles *ab cd ef*; on en divise une *gh*, par exemple, en 400 parties; et faisant, pour chaque pression, de 1, 1 $\frac{1}{4}$, 1 $\frac{1}{2}$, 1 $\frac{3}{4}$, 2, 3, etc., atmosphères, le calcul donné plus haut, on se fait une table des volumes auxquels se réduit successivement, sous ces diverses pressions, le volume d'air 400 ou les longueurs dont la colonne d'air *gh*, divisée en 400 parties, est réduite.

Ainsi, sous une pression de l'atmosphère en sus du poids de l'air, ou, autrement dit, 2 atmosphères, le volume 400 est réduit à 50 ou moitié; on divise la ligne *gh* en deux par la ligne *cd*, et tous les manomètres, dont la longueur sera égale à *ab cd* ou *gh*, seront partagés

(420)

en deux par *cd* et marqueront 4 atmosphère de pression en sus du poids de l'air toutes les fois que le mercure y montera jusqu'en *cd*.

Ainsi, avec une table qui forme la ligne *gh*, divisée en 400 parties, et la correspondance avec les pressions indiquées sur la ligne *ab*, il sera facile de graduer exactement tous les manomètres, puis qu'on peut toujours supposer leur longueur divisée en 400 parties, et y reporter le nombre de divisions indiquées par notre échelle pour chaque pression.

DIRECTION GÉNÉRALE
DES PONTS-ET-CHAUSSÉES ET DES MINES.

INSTRUCTION

*Sur les mesures de précaution habituelles à observer dans
l'emploi des machines à vapeur à haute pression.*

L'EMPLOI des machines à vapeur à haute pression exige des précautions de tous les instans, de la part des ouvriers chauffeurs auxquels leur service est confié, et une surveillance constante de la part des propriétaires de ces machines. En négligeant les précautions nécessaires, les ouvriers peuvent occasioner des accidens funestes, dont ils seraient les premières victimes. En se relâchant de la surveillance qui est indispensable, les propriétaires deviendraient la cause indirecte de ces accidens ; ils s'exposeraient d'ailleurs à des pertes considérables, telles que celles qui résulteraient de la destruction des machines, de la dégradation des ateliers et de la cessation des travaux.

Il est du devoir de tout propriétaire de ne confier la conduite de sa machine qu'à un ouvrier dont l'intelligence et la capacité soient bien reconnues, et qui soit non-seulement attentif, actif, propre et sobre, mais encore exempt de tout défaut qui pourrait nuire à la régularité du service. Rien ne doit déranger cette régularité, rien ne doit troubler ou détourner l'attention de l'ouvrier pendant le travail ; autrement il ne peut y avoir de sécurité dans l'établissement.

L'attention de l'ouvrier chauffeur et la surveillance

du propriétaire doivent porter principalement sur les parties suivantes de la machine , savoir : le foyer , la chaudière et les tubes bouilleurs , la pompe alimentaire et le niveau de l'eau dans la chaudière , les soupapes de sûreté , le manomètre. Il y a aussi quelques précautions à prendre relativement à l'enceinte extérieure.

DU FOYER.

Le principe d'après lequel on doit diriger le chauffage , est d'éviter une augmentation de chaleur trop brusque ou un refroidissement trop rapide. Dans l'un et l'autre cas , les tubes bouilleurs éprouvent partiellement des inégalités de température plus ou moins considérables , et qui , à raison des variétés des dilatations produites , peuvent occasioner des fêlures et des pertes.

Ainsi donc la mise en feu ne doit pas être poussée avec trop de vivacité , surtout lorsque le foyer a été tout-à-fait refroidi. On ne gagnerait du temps qu'en compromettant la conservation des tubes bouilleurs.

Lorsque le feu est arrivé au point d'activité nécessaire pour le jeu de la machine , on doit le conduire avec égalité , et à cet effet , tiser à propos et ne jeter que les quantités de combustible déterminées par l'expérience. Il faut éviter de laisser tomber le feu pendant le travail ; et lorsque cela est arrivé , il n'est point convenable de projeter à la fois une trop grande quantité de combustible dans le foyer , car cette précipitation , qui aurait d'abord l'inconvénient de le refroidir momentanément , occasionerait ensuite un développement de chaleur excessif et dangereux. .

Il est à propos d'exécuter dans le moins de temps possible les opérations du tisaie et du rechargement du combustible, afin d'abrégier l'action destructive que l'air froid peut exercer sur les tubes bouilleurs, en s'introduisant avec rapidité par l'ouverture de la porte du foyer.

On est dispensé de la plupart de ces précautions lorsque le foyer est muni d'un distributeur mécanique versant la houille au feu, et à mesure quelle est nécessaire; mais alors l'ouvrier doit veiller à ce que ce distributeur ne manque pas d'aliment, et à ce que le versement soit uniforme et continu.

L'extinction du feu, lorsqu'elle n'est point conduite avec soin, est une des causes les plus ordinaires des accidens qui arrivent aux tubes bouilleurs. Le meilleur mode est de laisser le foyer chargé du résidu de la combustion, de fermer le registre de la cheminée ainsi que la porte du cendrier, et de luter avec un peu de terre grasse les joints de cette porte et ceux de la porte du foyer. En procédant ainsi, on évite non-seulement que l'air ne refroidisse trop brusquement les tubes, mais encore qu'il ne contribue à oxider trop promptement leur surface extérieure. On profite de plus d'une partie du résidu de la combustion; car ce résidu finit par s'éteindre à raison du défaut d'air, et l'on peut ensuite le retirer sans inconvénient.

DES TUBES BOUILLEURS ET DE LA CHAUDIÈRE.

Quelque pure que paraisse l'eau qu'on emploie, elle dépose toujours un sédiment terreux qu'il importe de ne pas laisser accumuler. En effet, ce sédiment se durcirait et s'épaissirait en peu de temps; il augmenterait

la difficulté de faire pénétrer dans les tubes bouilleurs et dans la chaudière la chaleur qui est nécessaire pour produire la vapeur avec le degré de tension convenable. Il faudrait un plus grand feu. Il en résulterait par conséquent plus de dépense de combustible, et plus de chances d'altération ou de rupture.

L'expérience a démontré qu'en introduisant dans les tubes bouilleurs et dans la chaudière une certaine quantité de pommes de terre, la substance de ces pommes de terre se mêle avec les sédiments terreux, sous forme de bouillie, et en prévient l'endurcissement; mais à mesure que les sédiments augmentent, cette bouillie nuit à la production de la vapeur, soit par sa viscosité, soit par l'espace qu'elle occupe. Il vient un terme où l'enlèvement des dépôts devient indispensable; ce terme arrive plus ou moins fréquemment suivant la nature des eaux. C'est au propriétaire de chaque machine à chercher par l'expérience le période de temps le plus convenable pour le nettoyage, comme aussi de trouver le *minimum* de la quantité de pommes de terre qui doit être employée. Ces recherches ne tiennent pas seulement aux soins de la sûreté, mais encore à des considérations d'économie relativement à la facile production de la vapeur.

Lorsque, malgré toutes les précautions, un tube bouilleur vient à se fendre, l'ouvrier doit en avertir le propriétaire, et celui-ci ne doit pas hésiter à faire procéder au remplacement. Le rhabillage du tube ne ferait que masquer l'inconvénient, et le danger d'une rupture pourrait s'accroître en très-peu de temps.

Le propriétaire et l'ouvrier doivent observer avec attention les progrès de la détérioration superficielle

que les tubes bouilleurs éprouvent à la longue ; ceux sur tout qui sont fabriqués en tôle. Ils ne doivent pas attendre la visite de l'ingénieur pour provoquer de nouvelles épreuves de ces tubes , lorsque leur amincissement peut donner des doutes sur leur solidité.

Il en est de même des chaudières ; mais comme les moyens d'observation sont moins multipliés , l'ouvrier et le propriétaire doivent saisir toutes les occasions de constater l'état des choses , soit lorsqu'il faut changer un ou plusieurs tubes bouilleurs , soit lorsqu'il y a des réparations à faire au foyer ou à la chemise de la chaudière , soit enfin toutes les fois qu'il est nécessaire de vider la chaudière pour la nettoyer. Mais en outre , aucune des indications que les moindres suintemens peuvent donner , ne doit être négligée.

Lorsqu'on s'aperçoit d'une fuite à la jointure du plateau qui ferme un tube bouilleur ou à celui qui recouvre l'entrée de la chaudière , on ne doit point essayer d'y pourvoir pendant le travail en serrant les écrous : on courrait le risque d'occasioner la rupture de ces plateaux , surtout lorsque le mastic qui garnit les bordures a eu le temps de s'endurcir ; en cas de rupture , l'ouvrier serait tué par les éclats ou brûlé par l'eau et la vapeur. Ces sortes de fuites ne doivent être réparées que lorsque le travail a cessé.

Lorsque les tubes bouilleurs et la chaudière sont à nettoyer , les propriétaires ne doivent pas exiger que les ouvriers entreprennent de vider l'eau avant que sa température ne soit suffisamment abaissée , surtout pour les machines dans lesquelles les plateaux des tubes bouilleurs ne sont point garnis de robinets.

DE LA POMPE ALIMENTAIRE ET DU NIVEAU DE L'EAU DANS LA
CHAUDIÈRE.

Il est de la plus grande importance que l'eau de la chaudière soit maintenue au niveau qui est indiqué par la position horizontale du levier mu par le flotteur. Il ne faut pas que l'ouvrier s'en rapporte à la simple inspection du levier pour connaître la hauteur de l'eau dans la chaudière : il doit s'assurer très-souvent que les mouvements du flotteur sont parfaitement libres. Il doit veiller surtout à ce que la garniture qui empêche la vapeur de s'échapper le long de la tige du flotteur, ne serre pas trop cette tige ; car, si cela arrivait, les indications données par le flotteur cesseraient d'être exactes.

Ces dernières précautions sont également nécessaires pour les machines dans lesquelles les mouvements d'abaissement du flotteur font ouvrir le tuyau nourricier, et portent ainsi le remède convenable à la diminution de l'eau dans la chaudière.

La surveillance de la pompe alimentaire n'est pas moins indispensable (1) ; si, par suite de négligence, la hauteur de l'eau avait très-notablement diminué dans la chaudière, il faudrait, aussitôt qu'on s'en apercevrait, rétablir ou augmenter peu à peu le jet nourricier ; car autrement on s'exposerait à des accidents. En effet, l'eau, en s'élevant rapidement contre

(1) Dans le cas où la chaudière se viderait considérablement sans que l'on s'en aperçût, il faudrait bien se garder de rétablir l'alimentation interrompue, même avec les plus grandes précautions et peu à peu ; il ne s'en produirait pas moins une explosion. Il faut immédiatement, dans ce cas, laisser tomber le feu, arrêter la machine, permettre à la chaudière de se refroidir lentement, et en écarter tout le monde pendant ce refroidissement.

les parois de la chaudière, que la chaleur aurait rougies, fournirait instantanément une trop grande quantité de vapeur, et il serait possible que l'accroissement de pression qui en résulterait fût supérieur à la pression que la chaudière pourrait supporter. Le danger de l'explosion serait imminent, si, dans une telle circonstance, les soupapes de sûreté n'étaient point en état de jouer librement, ou si, par suite d'une pratique imprudente ou coupable, elles se trouvaient surchargées de poids.

En général, le moindre inconvénient que le manque d'eau dans les chaudières puisse produire, c'est d'y occasioner des ruptures très-préjudiciables, quand bien même il n'y aurait pas d'explosion.

DES SOUPAPES DE SÛRETÉ (1).

Dans les machines dont les soupapes de sûreté sont

(1) Ce n'est pas l'adhérence qui est à redouter dans les soupapes de sûreté, parce qu'en les nettoyant tous les huit jours elle est nulle; mais ce sont au contraire les saletés qui, en s'y engageant, empêchent la soupape de fermer hermétiquement, laissent échapper beaucoup de vapeur et forcent le chauffeur à la surcharger. Aussi, est-ce une grande erreur que d'engager le chauffeur à soulever la soupape fréquemment; il faut au contraire le lui défendre très-pressément: car la vapeur entraîne avec elle des saletés qui occasionent des pertes de vapeur qu'on arrête le plus souvent en surchargeant les soupapes, comme nous venons de le dire, tandis qu'on devrait seulement les rôder à sec, ainsi qu'il a été recommandé.

Ces conseils sont loin d'être complets; mais on trouvera dans l'article relatif à la conduite des machines à vapeur, des instructions plus détaillées sur les précautions à prendre et à exiger des chauffeurs. Nous ne reviendrons pas autrement sur ce sujet: ce que nous avons dit suffira pour faire sentir combien les mesures prescrites sont insuffisantes et peu faites pour atteindre le but qu'elles se proposent.

à la disposition de l'ouvrier chauffeur, il est utile que cet ouvrier s'applique à en étudier le jeu et à bien connaître le degré d'adhérence qu'elles contractent ordinairement avec le collet sur lequel elles pressent, surtout lorsqu'elles ont été rôdées récemment. Il faudrait avoir égard à cette adhérence, lors même que la soupape serait construite de telle manière que le plan de contact serait réduit à une zone circulaire très-étroite. Le chauffeur doit s'assurer très-fréquemment que les soupapes jouissent de toute la liberté de mouvement dont elles ont besoin pour remplir leur destination. A cet effet, il est bon qu'il soulève de temps en temps l'extrémité de la branche du levier qui supporte le poids servant de charge habituelle, afin de s'assurer que la soupape n'a pas contracté une trop forte adhérence.

Lorsque les soupapes d'une machine ne jouent pas librement, et lorsque en même temps on vient à leur donner le *maximum* de charge habituelle, elles ne peuvent remplir leur objet qu'imparfaitement, elles retiennent la vapeur alors qu'elles devraient lui donner issue; la vapeur s'accumule et se comprime, et pourrait, suivant les circonstances, acquérir une force de tension qui surpasserait la résistance que la chaudière est capable d'opposer, et qui la ferait éclater.

Ce funeste effet pourrait encore être produit, si, dans l'intention de donner plus d'activité à la machine, on avait ajouté des poids à ceux qui composent le *maximum* de la charge habituelle des soupapes. De telles surcharges sont extrêmement dangereuses; l'ignorance du danger pourrait seule excuser les propriétaires de les ordonner, et l'ouvrier chauffeur de s'y

prêter. Il faut que les ouvriers sachent bien que l'un des principaux effets d'une explosion serait d'épancher une immense quantité de vapeur brûlante qui leur causerait une mort cruelle.

De tels dangers seront beaucoup moins à craindre dans les machines qui seront établies en vertu de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823 ; mais les soupapes n'en devront pas moins être surveillées et entretenues dans un état de liberté parfaite. En effet, pour peu que leur jeu devînt moins facile, il arriverait qu'à la moindre augmentation dans l'activité du feu, la vapeur, au lieu de s'échapper, acquerrait plus de chaleur et de tension, et il y aurait un terme où elle fondrait et romprait les rondelles de métal fusible qui devront être appliquées à chaque chaudière ; le travail de l'atelier serait interrompu, et le propriétaire encourrait les inconvénients des retards résultant de la pose de nouvelles rondelles. Le propriétaire est particulièrement intéressé à visiter journellement la soupape qui sera renfermée sous le grillage en fer dont la clé devra rester à sa disposition.

En général les soupapes ont besoin d'être rodées très-fréquemment ; autrement elles finissent par laisser perdre de la vapeur. Ce soin d'entretien n'admet pas de négligence, car l'ouvrier ne pourrait y suppléer qu'en augmentant la charge habituelle : or les propriétaires ne sauraient proscrire les surcharges avec trop de rigueur.

Lorsqu'on veut cesser tout-à-fait le feu, ou lorsqu'on le couvre seulement pour en retrouver le lendemain, il ne faut pas quitter l'atelier sans s'être assuré que les soupapes, convenablement déchargées, peuvent don-

ner librement issue à la vapeur qui continue de se produire.

DU MANOMÈTRE.

Le manomètre, à raison de sa communication avec l'intérieur de la chaudière, indique à chaque instant la marche plus ou moins rapide de la production de la vapeur, et le degré de la force de pression qui en résulte. Cette indication est donnée par le mouvement de la colonne de mercure renfermée dans le tube de verre; elle se mesure au moyen de l'échelle qui est placée le long du tube.

Cet instrument est d'une grande utilité, lorsqu'il a été construit avec soin et gradué avec exactitude. Comme il est fragile, les propriétaires de machines doivent prendre les mesures nécessaires pour le préserver de tout accident, et le faire couvrir d'un grillage en fil de fer ou en fil de laiton.

Le propriétaire doit aussi donner ses soins pour que l'ouvrier comprenne la destination et les avantages de l'instrument, et sache à propos tirer parti de ses indications.

Enfin, il est du devoir de l'ouvrier de consulter très-fréquemment le manomètre, et de le prendre constamment pour guide dans la conduite du feu, quelle que soit d'ailleurs la charge, ou, en d'autres termes, la pression avec laquelle la machine travaille, suivant les besoins de l'atelier.

DE L'ENCEINTE DE LA MACHINE.

En supposant qu'une explosion pût arriver, c'est un moyen de la rendre moins dommageable que de tenir

le local de la machine complètement isolé , et de ne placer les matériaux qu'on serait forcé d'emmagasiner dans son voisinage , qu'à la distance de plusieurs mètres. Le propriétaire se mettrait en contravention avec l'article 6 de l'ordonnance royale du 29 octobre 1823, s'il venait à remplir avec des matériaux résistans l'espace qu'il faut laisser du côté des habitations entre les murs mitoyens et le mur de défense qui doit enceindre le local de la machine. Ce mur de défense ne peut remplir l'objet que l'ordonnance royale a eu en vue, qu'autant qu'il confine au dehors avec un espace vide.

Enfin, il est indispensable que le local de la machine puisse être bien fermé, et, qu'en l'absence du chauffeur, personne ne puisse s'y introduire. On conçoit, par exemple, que si, par malveillance, on venait à surcharger les soupapes ou à les bander avec des cales, lorsque le feu a été arrêté ou couvert, l'accumulation de la vapeur pourrait occasioner un accident. Les précautions habituelles que ce cas particulier peut exiger sont tout aussi importantes que celles qui concernent les différens cas qui ont été précédemment exposés. La prévoyance des propriétaires des machines et la vigilance des ouvriers chauffeurs ne doivent être en défaut dans aucun temps, dans aucune circonstance.

Paris, le 19 mars 1824.

Le Conseiller-d'Etat, directeur général des Ponts-et-Chaussées et des Mines,

Signé BECQUEY.

APPROUVÉ, le 19 mars 1824 :

Le Ministre secrétaire d'Etat au département de l'intérieur,

Signé CORBIÈRE.

TABLE

DES MATIÈRES.

EXPLICATION DES PLANCHES.	pag. j
OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES.	i

PREMIÈRE PARTIE.

<i>Des Chaudières et Fourneaux.</i>	15
-------------------------------------	----

CHAUDIÈRES.	18
-------------	----

3. Chaudières en tôle à fond concave. — 4. Chaudières cylindriques. — 5. Bouilleurs. — 6. Chaudières de fonte. — 7. Masticage des bouilleurs. — 9. Bouilleurs de fonte. — 10. Bouilleurs de tôle. — 11. Changement des bouilleurs. — 12. Quantité de vapeur que fournissent les diverses chaudières. — 13. Comparaison du prix des chaudières. — 14. Chaudières de bateaux à vapeur.

FOURNEAUX.	40
------------	----

15. Conditions auxquelles doit satisfaire un bon fourneau. — 16. Excès de puissance que doivent avoir les fourneaux. — 17. Ouverture de la cheminée et des carneaux. — 18. Surface des grilles. — 19. Excès de pouvoir des grands foyers. — 20. Fourneau d'une chaudière de fonte à bouilleurs. — 21. Inconvénients des carneaux trop longs. — 22. Dimension de la grille. — 23. Des barreaux de grille. — 24. Du cendrier. — 25. Élévation de la chaudière au-dessus de la grille. — 26 Foyer à alimentation continue. — 29. De la cheminée. — 31. Des cheminées communes à plusieurs fourneaux. — 32. Forme des cheminées. — 33. Registre de

la cheminée. — 34. Description du fourneau de la chaudière en fonte. — 36. Fourneau de chaudière à fond plat. — 37. Des fourneaux destinés à brûler du bois. — 40. Nettoyage des chaudières et moyens d'empêcher les dépôts de s'y attacher.	pag.
COMBUSTIBLES.	69
41. De la houille. — 42. Du coke. — 43. Du bois. — 44. De la tourbe. — 45. De la tannée. — 46. Du pouvoir calorifique des principaux combustibles.	
ACCIDENTS QUI ARRIVENT AUX CHAUDIÈRES.	75
47. Du raccommodage des bouilleurs cassés. — 50. Des explosions.	
SOUPAPES DE SURETÉ.	84
53. Causes de la fuite de la vapeur par la soupape	
RONDELLES FUSIBLES.	87
MANOMÈTRES.	90
56. Leur construction. — 58. Leur graduation.	
RENIPLARDS.	99
FLOTTEUR.	100

DEUXIÈME PARTIE.

<i>Accidens qui arrivent à chacune des pièces des machines. Leurs symptômes et leurs remèdes.</i>	105
POMPE ALIMENTAIRE.	105
69. Alimentation à basse pression. — 70. Alimentation continue à haute pression. — 71. Inconvéniens de cet appareil à niveau constant. — 72. Régularité nécessaire dans l'alimentation. — 73. Dérangemens de la pompe alimentaire. — 76. Des robinets d'injection et d'aspiration. — 77. Nettoyage des soupapes. — 78. Engorgement du tuyau d'aspiration. — 79. De l'usure des soupapes. — 80. Des chocs	

que donne la pompe alimentaire. — 81. De l'air aspiré par la pompe alimentaire. — 82. Du diamètre des tuyaux. — 83. De la boîte à étoupes. pag.

CYLINDRES.

116

85. Du tuyau d'introduction. — 89. Du robinet et du tuyau de décharge. — 93. Du parallélisme des cylindres. — 95. Rupture du fond du petit cylindre. — 96. Symptômes de la rupture du fond du grand cylindre. — 102. De la boîte à étoupes. — 105. Raeccomodage des cylindres brisés.

PISTONS.

119

106. De l'engorgement du piston. — 107. Des ressorts. — 109. De la longueur à donner à la tige des pistons. — 112. Du jeu que prennent les pistons sur leurs tiges. — 115. Pistons des machines à basse pression.

ENTABLEMENT ET BALANCIER.

136

117. Du mouvement que prend l'entablement. — 120. Du jeu que prennent les boules du balancier.

PARALLÉLOGRAMME.

138

122. De son nettoyage. — 123. De l'usure de ses grains. — 124. Montage de ses pièces. — 125. Son réglément.

BIELLE ET MANIVELLE.

148

138. Des grains de la bielle. — 140. Des grains de la manivelle.

RÉGULATEURS.

150

142. Des boîtes à vapeur et soupapes à moyenne pression. — 143. Pose des boîtes à vapeur : de leur perpendicularité. — 144. De l'écartement des boîtes. — 145. Des tuyaux de communication. — 148. Du passage de la vapeur à travers le masticage de la boîte du petit cylindre. — 149. Du passage de la vapeur à travers le masticage de la boîte du grand cylindre. — 151. De l'entretien du robinet régulateur. — 153. De l'entretien de l'excentrique. — 159. Du masticage des boîtes. — 166. Du réglément des soupapes.

RÉGULATEURS DES MACHINES D'EDWARDS.pag.
169

177. Régulateur des machines à deux cylindres, d'Edwards.
 — 178. De son règlement. — 181. Des cabinets distributeurs.
 — 182. Régulateur des machines à basse pression, dites de Watt et Boulton.

CONDENSEUR.

174

183. Des cas dans lesquels le condenseur peut puiser directement l'eau du puits. — 185. De l'échauffement du condenseur plongé dans une bache. — 186. Échauffement du condenseur qui aspire l'eau du puits. — 187. De l'engorgement du tuyau d'aspiration. — 188. Règlement du robinet d'aspiration. — 189. Influence de la température de l'eau du condenseur sur l'aspiration quand le puits est profond. — 190. Usure de la garniture de piston et de la boîte à étoupes. — 193. De l'air que donne le condenseur et des moyens de reconnaître les ouvertures par lesquelles il pénètre dans la machine. — 196. De la quantité d'eau nécessaire à la condensation. — 197. Des dépôts qui engorgent le condenseur.

POMPES DE PUIITS.

184

200. De la quantité d'eau que peuvent fournir les pompes. — 203. Construction de la pompe foulante. — 204. Usure des soupapes. — 205. De l'entretien des cuirs. — 207. De la hauteur à laquelle on doit placer la pompe dans le puits. — 208. De la pose de la pompe. — 211. Des causes qui diminuent le produit des pompes à eau. — 212. De la vitesse à leur donner. — 213. Du diamètre des tuyaux d'aspiration et de refoulement. — 216. Nettoyage du puits.

DU MODÉRATEUR.

195

217. Méthode pratique pour le régler. — 218. De sa vitesse moyenne. — 219. Calcul des poulies de commande. — 220. Des limites dans lesquelles il régularise la vitesse des moteurs. — 222. Des moyens d'étendre ces limites.

TROISIÈME PARTIE.

Soins généraux à donner aux machines à vapeur. 200

DES MASTICS. 200

223. Des précautions que l'on doit prendre dans les masti-
cages. — 225. De la composition du mastic de fonte. —
230. Du mastic de fonte et de soufre fondu. — 231. Du
mastic rouge, de sa préparation. — 232. De son emploi.

COMMUNICATIONS DE MOUVEMENTS. 210

239. Des arbres et des paliers. — 240. Des grains. — 244. Des
grains en bois dur et des galets. — 245. Des grains en fonte et
en acier. — 246. Des engrenages. — 247. Du jeu que prennent
les dents de bois. — 248. Des bois à employer pour les dents.
— 249. Des mortaises des dents. — 251. — De la prépara-
tion et de la pose des dents. — 253. Du tournage des en-
grenages à dents de bois. — 257. De la division des dents. —
260. Mesure d'un pas employé dans plusieurs ateliers. —
261. Tracé de l'épaisseur des dents. — 262. De leur cour-
bure. — 263. De l'emploi des calibres. — 266. Usure des
roues d'angle callées sur arbre vertical. — 274. De la né-
cessité de fixer invariablement les paliers. — 276. Des cordes.
— 277. Des courroies. — 279. De leur entretien. — 280. De
la pose des tambours et poulies destinés à porter des cour-
roies. — 281. Des chaînes.

CONDUITE DES MACHINES A VAPEUR. 238

282. De la nécessité de réparer immédiatement les accidens.
— 283. De la surcharge des machines. — 285. Des défauts
que doivent éviter les propriétaires des machines à vapeur.
— 286. Du but qu'ils doivent se proposer. — 287. De la
propreté à exiger des chauffeurs. — 288. Nettoyage de chaque
semaine. — 289. De la clôture des fenêtres et des portes. —
290. Précautions à prendre pour ne pas fatiguer les pièces
de la machine. — 291. De la visite du propriétaire. — 292.

Examen du condenseur. — 293. De la bielle. — 294. Des boîtes à vapeur. — 295. Du manomètre. — 296. De l'alimentation. — 297. Des soupapes de sûreté. — 298. Des qualités nécessaires au chauffeur. — 299. Du chauffage de la chaudière. — 300. Du graissage de la machine. — 301. De la graisse des es. — 302. De l'expulsion de l'air des cylindres. — 303. De la mise en activité de la machine. — 304. Du graissage des pistons. — 305. De la surveillance du chauffeur. — 306. De la conduite du feu. — 307. Nettoyage du cendrier. — 308. Des moyens d'éviter la fumée dans les fourneaux. — 309. Des moyens d'arrêter l'excès de tension de la vapeur. — 310. Des précautions à prendre en arrêtant la machine. — 311. Régularité de la pression de la vapeur. — 312. De la vitesse à donner aux machines à vapeur. — 313. Vitesse des pistons des machines à vapeur. — 314. Vitesse du régime de quelques machines. — 315. Du métro-
nome.

pag.

DE LA POSE DES MACHINES A VAPEUR.

266

320. De la chambre de la machine. — 322. De l'arbre du volant. — 327. Du balancier. — 329. Du grand axe de la machine. — 330. De la grande plaque et de ses colonnes. — 331. Axe de rotation de la manivelle. — 333. Axe de rotation du balancier. — 334. Condenseur et cylindres.

QUATRIÈME PARTIE.

Choix et achats des machines à vapeur.

284

UTILITÉ COMPARATIVE DES DIVERS SYSTÈMES DES MACHINES A VAPEUR.

Id.

342. Des divers systèmes des machines à vapeur. — 344. Des machines à vapeur à haute pression sans condensation. — 346. De leur emploi sur les chariots des chemins de fer dit Waggens. — 347. Des machines à vapeur à haute pression et à condensation, de l'irrégularité de leur marche. —

348. De leur emploi sur les bateaux à vapeur et de leur consommation. — 349. De la consommation des machines sans condensation. — 350. Des machines de Wolf et de Watt. — 351. Inconvéniens des machines à vapeur à moyenne pression et à deux cylindres. — 355. Des avantages que présentent les machines à basse pression. — 356. Comparaison des deux systèmes de machines, avantages des machines de Wolf et défaut de celles de Watt, de leur consommation en combustible et de leur puissance. — 360. Des frais proportionnels dans les deux systèmes de machines. — 362. Compte annuel des frais de combustible et d'entretien pour deux machines de 12 chevaux, l'une de Watt, l'autre de Woolf. — 367. Des divers modes de construction. — 369. Des machines à rotation. — 370. Des machines à cylindre oscillant.

COMPARAISON DES MACHINES A VAPEUR AVEC LES DIVERS
MOTEURS.

309

371. Des moulins à vent. — 372. Des manèges à chevaux. — 374. De leurs frais généraux. — 375. Compte des frais de moteur pour une filature de coton à manège. — 376. Frais de la même filature avec machine à vapeur. — 378. Des roues hydrauliques. — 379. De leurs défauts. — 382. Comparaison des machines à vapeur et des cours d'eau. — 383. Frais généraux d'un moulin à eau et d'un moulin à vapeur en ville. — 387. Frais du même moulin à eau situé hors de la ville. — 390. Compte des frais de moteur d'une filature de coton sur machine à vapeur et sur cours d'eau.

OBSERVATIONS SUR LA MANIÈRE DE TRAITER AVEC LES
MÉCANICIENS.

327

393. Questions à poser avant d'entreprendre une manufacture. — 394. Choix de la machine à vapeur. — 395. Du marché à passer avec les mécaniciens. — 403. Nécessité d'un prix qui permette aux mécaniciens des perfectionnemens. — 405. Réception des machines à vapeur.

CALCUL ET MESURE DE LA FORCE DES MACHINES A VAPEUR.

p. 345

412. Mesure commune des moteurs. — 413. Mesure de la force des machines à basse pression et sans détente. — 415. Tension du condenseur en sens contraire du mouvement. — 416. Calcul d'une machine à haute pression sans détente. — 417. Machine à simple effet. — 417. Calcul de la vitesse du piston. — 419. Calcul de la détente. — 423. Méthode abrégée pour calculer le travail des machines à vapeur. — 424. Application particulière. — 426. Machines à deux cylindres. — 428. Effet utile des machines à vapeur. — 431. Expression commune de la force des machines. — 432. Du frein dynamométrique de Prony.

OBSERVATIONS SUR LES ORDONNANCES ET INSTRUCTIONS RELATIVES AUX MACHINES A VAPEUR.**APPENDICE.**

376

THÉORIE ÉLÉMENTAIRE DES VAPEURS.

378

NOTES ET ADDITIONS.

- Note 1^{re}. De la température des foyers et de celle que doit conserver la fumée dans les cheminées. 393
2. Sur la hauteur des cheminées. 395
3. Du rapport à établir entre la surface de la chaudière et la section de la cheminée. 399
4. Mesure de la qualité des fourneaux de machines à vapeur par l'eau de condensation. 400
5. Procédés employés pour empêcher le dépôt de s'attacher aux chaudières. 401
6. Nettoyage des chaudières et tuyaux par l'acide hydrochlorique (muriatique). 401
7. Table des longueurs du pendule qui donne le nombre de coups de piston en une minute. 404
8. Du mesurage ou blocage de la houille. 405
9. Raccourcissement des bouilleurs. 412

10. Explosions des chaudières de cuivre.	412
11. Calcul des soupapes de sûreté.	<i>Id.</i>
12. Pression du dehors au dedans sur les soupapes à siège plat.	413
13. Remplacement du chapeau des pompes alimentaires.	415
14. Trempe des ressorts d'acier fondu.	<i>Id.</i>
15. Moyen d'enlever le bocal de cuivre de la petite boîte.	<i>Id.</i>
16. Tension de l'air et de la vapeur dans le condenseur.	417
17. Passage de la vapeur au condenseur.	<i>Id.</i>
18. Du mastic rouge.	418
19. De la loi de Mariotte et de l'échelle de graduation des manomètres.	<i>Id.</i>

INSTRUCTION sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines à vapeur à haute pression. 421

ERRATA.

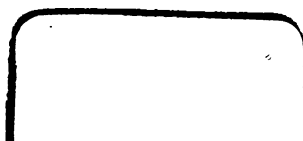
- Pag.* 19, *lig.* 13. Les côtés ABCD, lisez : les côtés *abcd*.
- Pag.* 23, *lig.* 23. Aux chaudières cylindrique de fonte (pl. 1^{re}, fig. 6), lisez : (pl. 1^{re}, fig. 6.). Aux chaudières cylindriques de fonte.
- Pag.* 28, *lig.* 11. Traverses F et G; lisez : traverses *f* et *g*.
- do *lig.* 12. Un boulon H; lisez : un boulon *h*.
- Pag.* 31, *lig.* 5. De fer B et la plaque de fonte E; lisez : de fer *b*, et la plaque de fonte *e*.
- Pag.* 32, *lig.* 7. De fonte E et le support B; lisez : de fonte *e* et le support *b*.
- Pag.* 46, *lig.* 15. Les carneaux (EGHSL); lisez : les carneaux (GHJKL).
- Pag.* 61, *lig.* 18. Carneaux latéraux *f* et *k*; lisez, carneaux latéraux JK.
- Pag.* 101, *lig.* 16. Elles s'entortilleraient autour du fil d'acier et en gêneraient; lisez : elle s'entortillerait autour du fil et en gênerait.
- Pag.* 104, *lig.* 10. (Pl. 3, fig. 11); lisez : (pl. 3, fig. 8).
- Pag.* 125, *lig.* 13. Chapeaux *a*; lisez : chapeau *k*.
- Pag.* 126, *lig.* 26. Rondelle de cuivre *b*; lisez : rondelle de cuivre *l*.
- Pag.* 132, *lig.* 17. Des charbons ardents; lisez : des charbons de bois ardents.
- Pag.* 159, *lig.* 19. Une douille en cuivre; lisez : un bocal en cuivre.
- Pag.* 178, *lig.* 18. Piston *c*; lisez : piston *b*.
- Pag.* 186, *lig.* 29. Soupapes *dc*, fig. 7; lisez : soupapes *bc*, fig. 6 et 7.
- Pag.* 190, *lig.* 29. Ont été très-importans; lisez : sont très-importans.
- Pag.* 211, *lig.* 23. Des cloches et des canons; lisez : des cloches ou à celui des canons.

- Pag.* 217, *lig.* 27. (pl. 8, fig. 9) ; lisez : (pl. 9, fig. 9).
- Pag.* 218, *lig.* 23. (pl. 8, fig. 3 aaa) ; lisez : (pl. 9, fig. 3 aaa).
- Pag.* 220, *lig.* 22. Une ligne *hin* ; lisez : une ligne *hm*.
 do *lig.* 26. Son égal *ihl* ; lisez : son égal *thl*.
- Pag.* 222, *lig.* 11. La circonférence de deux roues ; lisez : la circonférence de chacune des deux roues.
- Pag.* 303, *lig.* 28. Languit, et d'autres ; lisez : languit, en d'autres.
- Pag.* 311, *lig.* 25. C'est-à-dire 6 cardes ; lisez : c'est-à-dire 6 à 8 cardes.
- Pag.* 313, *lig.* 8. Total des frais dans l'année, 13500 ; lisez : total des frais dans l'année, 3500.
- Pag.* 324 *lig.* 25. Presque jamais sur des cours d'eau ; lisez : presque jamais que sur des cours d'eau.
- Pag.* 328, *lig.* 9. Ne leur est pas compté ; lisez : ne leur est pas fourni.
- Pag.* 343, *lig.* 17. La machine vide ; lisez : la machine à vide.
 do *lig.* 23. C'est-à-dire 25 ou 30 liv. ; lisez : c'est-à-dire 30 ou 35 livres.
- Pag.* 350, *lig.* 18. Effort réel de 3982 ; lisez : effort réel de 3k. 98.
- Pag.* 361, *lig.* 29. 0.50, lisez 0.40.
- Pag.* 391, *lig.* 23. Degré 657 k. d'eau ; lisez : degré 650 k. d'eau.
 do *lig.* 24. M. Clément désormais ; lisez : M. Clément-Desormes.
- Pag.* 391, *lig.* 32. En kilogramme par 600 ; lisez : en kilogramme par 650.
- Pag.* 392, *lig.* 11. Vapeur à 177 ° ; lisez : vapeur à 100 °.
 do *lig.* 16. S'écoulera à 47 ° ; lisez : s'écoulera à 40 °.
- Pag.* 414, *lig.* 21. Au grand bras *cb* ; lisez : au grand bras *cb*.
- Pag.* 419, *lig.* 4. Sous une pression triple de 2^m, 28, sera ; lisez : sous une pression triple ~~4~~ 2^m, 28, sera :
- Pag.* 419, *lig.* 16. Ou 0,5 at. ; lisez ; 1,5 at.

**This book should be returned to
the Library on or before the last date
stamped below.**

**A fine of five cents a day is incurred
by retaining it beyond the specified
time.**

Please return promptly.



Eng 2698.30
Guide du chauffeur et du proprieta
Cabot Science 005099932



3 2044 091 992 644